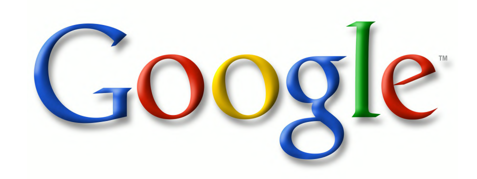
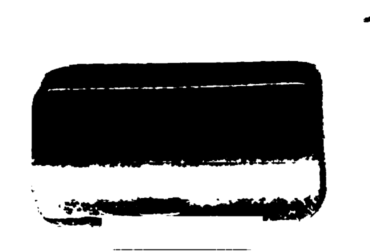



B 427837



MANUEL
DE L'INGÉNIEUR
DES PONTS ET CHAUSSÉES

PARIS. — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH, 1.

MANUEL
DE L'INGÉNIEUR
DES PONTS ET CHAUSSÉES

RÉDIGÉ

CONFORMÉMENT AU PROGRAMME

ANNEXÉ AU DÉCRET DU 7 MARS 1868


RÉGLANT L'ADMISSION DES CONDUCTEURS DES PONTS ET CHAUSSÉES
AU GRADE D'INGÉNIEUR

PAR

A. DEBAUVE
INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES

12e FASCICULE

—

Construction des souterrains

PARIS
DUNOD, ÉDITEUR
LIBRAIRE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES
49, QUAI DES AUGUSTINS, 49

1874

CONSTRUCTION DES SOUTERRAINS

CHAPITRE PREMIER

TRAVAUX D'ABATAGE. — PERFORATION DES ROCHES

Le travail proprement dit du mineur consiste à attaquer la roche qui se trouve à l'emplacement d'une excavation projetée, et à la réduire en fragments facilement transportables. Cette opération constitue ce qu'on appelle l'abatage.

Elle est plus ou moins difficile, suivant la nature de la roche à extraire. Si cette roche est terreuse ou tendre, il suffit de la découper avec la pioche ou le pic; lorsqu'elle est dure ou demi-dure, on peut encore la débiter avec des coins aciérés et des pointerolles; mais ce procédé n'est plus guère en usage, et généralement on a recours à la poudre.

Dans les souterrains nous n'aurons donc à considérer que deux natures d'abatage :

1° Abatage à la pioche et au pic, qui convient aux terres et aux roches tendres ;

2° Abatage à la poudre, qui convient à toutes les roches dures, quel que soit leur degré de dureté.

Nous citerons pour mémoire deux modes d'abatage, dont l'usage est tout à fait exceptionnel : 1° l'abatage par procédé chimique, qui consiste à traiter une roche par un de ses dissolvants, tels que l'eau ou les acides; 2° l'abatage par le feu, qui s'employait autrefois pour les roches très-dures, telles que le quartz.

Le procédé chimique a été appliqué par M. l'Ingénieur Courbebaisse, qui imagina de percer des trous de mine dans les roches calcaires, en les attaquant par l'acide chlorhydrique; nous avons donné la description complète du procédé Courbebaisse à la page 5 de notre *Traité de l'exécution des travaux*, et nous ne reviendrons pas sur ce sujet.

Nous n'avons donc à nous occuper que de l'abatage ordinaire et de l'abatage à la poudre.

ABATAGE ORDINAIRE.

L'abatage ordinaire peut s'appliquer à des roches terreuses ou à des roches tendres.

Les roches terreuses sont attaquées à la pioche : la pioche ordinaire n'a qu'une branche en fer terminée par un biseau ou tranchant dont le plan est normal au manche, mais c'est plutôt un outil de cultivateur qu'un outil de terrassier, car on ne l'emploie guère que pour la terre meuble.

La vraie pioche du terrassier, ou tournée (figure 1, planche I), a un manche de $1^m,10$ de long terminé par un fer à deux branches, l'une en pointe, l'autre en biseau ; la pointe sert à fendre les parties dures et argileuses qu'on peut rencontrer, le coupant est réservé pour les parties terreuses ou arénacées, plus friables ; les deux branches se complètent l'une par l'autre.

Le centre de gravité de l'ensemble doit se trouver sur le manche ; c'est une condition fort importante si l'on veut que la pioche puisse être manœuvrée dans un plan quelconque, vertical ou non, car, sans elle, le manche tournerait à chaque instant dans la main de l'ouvrier.

Pour la même raison, la section du manche doit être non pas circulaire, mais elliptique, ainsi que nous l'avons déjà dit en parlant des outils du charpentier et du forgeron.

Enfin, le mouvement imprimé à la pioche étant une rotation autour d'un point fixe, qui est le joint du bras et de l'épaule, si l'on veut que le fer tombe normalement au sol, il faudra donner aux deux branches un profil circulaire ayant pour rayon le bras de levier.

La courbure du fer doit être d'autant plus accusée que le manche de l'outil est plus court.

Lorsque la pioche a réduit la roche en menus fragments, on les enlève et on les charge avec une pelle dans les véhicules destinés à les conduire au lieu de dépôt.

La pelle est donc l'auxiliaire indispensable de la pioche ; la pelle est en fer ou en acier fondu ; elle est légèrement creuse, de manière à maintenir les terres qu'elle reçoit ; comme elle doit s'engager horizontalement dans la masse, si le manche était dans le prolongement du fer, l'ouvrier devrait se courber jusqu'à terre pour enfoncer la pelle et la charger, et ce serait une position très-fatigante ; pour une bonne exécution du travail, l'ouvrier doit être légèrement courbé : le manche est alors incliné à 45° et par suite le fer fait avec lui un angle de 135°. Dans une galerie basse, où l'homme serait forcé de se tenir courbé, il faudrait augmenter cet angle obtus, et le fer arriverait insensiblement à se mettre dans le prolongement du manche.

Quand la dureté des matières à extraire augmente et qu'on se trouve réellement en présence d'une roche tendre et non plus d'une simple terre compacte, il faut recourir au pic :

Comme forme générale, le pic ressemble beaucoup à la pioche ; il en diffère par les dimensions et par la forme des extrémités du fer, qui sont toujours plus ou moins pointues. La pointe est d'autant plus accusée que la roche est moins dure, et cela se conçoit, car une pointe fine se brisera bien vite sur une roche dure. Il va sans dire que toutes les pointes de cet outil sont aciérées et qu'il faut

les recharger assez fréquemment, si l'on veut qu'elles fournissent un bon travail; les outils destinés aux roches dures ne doivent pas subir une trempe trop énergique, sans quoi ils seraient exposés à se briser fréquemment.

Les figures 3 et 4, planche I, représentent diverses espèces de pic à une ou à deux branches employés par les mineurs; A et B sont les pics des comtés de Stafford et de Durham, C la rivelaine de Belgique formée d'un fer plat emmanché dans un long manche de $1^m,80$. On voit à côté les pics à une branche, dont le n° 1 est employé dans le comté de Pembroke et le n° 2 en Westphalie; quant au n° 3, c'est le pic de Liége ou Haveresse.

Le pic ordinaire n'a pas un poids supérieur à $2^k,5$, mais le pic à roches pèse jusqu'à 4 kilogrammes et plus.

On ne se sert point du pic comme de la pioche; avec celle-ci, on débite la masse en menus fragments correspondant chacun à un coup de l'outil : s'il fallait opérer ainsi avec le pic, on perdrait beaucoup de temps et de force. On se sert du pic pour creuser dans la masse des rainures horizontales et verticales qui isolent un bloc sur quatre ou cinq de ses faces et ne le laissent adhérer au reste du rocher que par une ou deux faces. La rupture suivant cette face unique ou ces deux faces est obtenue soit avec le pic lui-même, soit le plus souvent avec des coins ou quelques coups de mine.

Ainsi, la figure 5 de la planche I, représente une exploitation par gradins : on exécute dans le gradin inférieur deux rainures verticales *ab*, *cd*, puis à la partie inférieure une rainure horizontale *ef*; il n'y a plus qu'à détacher la face verticale *gf*, ce qu'on fait au moyen de coins en fer que l'on enfonce en *g* à grands coups de masse. Cette manière d'opérer serait dangereuse, si l'on n'avait soin d'étayer un peu la face verticale antérieure (*eh*).

Les entailles verticales sont assez faciles à exécuter, même en leur donnant une faible largeur; quant à l'entaille horizontale sous le massif, elle est d'un travail pénible, on la désigne par le nom de sous-cave. Dans certaines roches, comme la houille, on trouve de place en place des lits ou feuillets argileux plus faciles à attaquer; c'est à leur emplacement qu'on exécute les sous-caves, qui prennent alors le nom de *havage*.

Nous ne parlerons pas de l'abatage au ciseau, qui ne peut s'appliquer qu'aux roches précieuses, ni de l'abatage à la pointerolle, qu'on employait autrefois à l'extraction des roches très-dures susceptibles de se détacher seulement par petits morceaux. La pointerolle est un morceau de fer terminé à un bout par une tête carrée, et à l'autre par une pointe aciérée; en son milieu, il porte un trou carré dans lequel on engage un manche assez court qu'un ouvrier tient à la main pour appuyer la pointerolle à l'endroit voulu; un autre ouvrier, armé d'une masse, frappe sur la tête de la pointerolle et l'enfonce peu à peu. Chaque couple d'ouvrier est muni d'une trousse de pointerolles assorties de longueurs croisantes, et il en change à mesure qu'elles s'émoussent ou deviennent trop courtes. (Fig. 6 et 7.)

Mais, nous le répétons, le travail de la pointerolle n'est plus guère en usage aujourd'hui et partout on lui a substitué la poudre.

ABATAGE A LA POUDRE.

L'abatage à la poudre consiste à creuser dans la roche des excavations que l'on remplit en partie de poudre et que l'on ferme par une bourre; puis on enflamme

la poudre à distance ; l'explosion se produit et donne deux effets : 1° disjonction et fendillement de la masse de rocher ; 2° projection d'une partie des blocs formés. Ce dernier effet est dangereux et inutile : quelquefois cependant il se produit seul : lorsque la mine est mal placée, et que les parois du trou résistent à la pression, celui-ci joue le rôle d'un canon de fusil et la bourre seule est projetée.

Dans son mémoire sur la percée du Lioran, M. l'ingénieur Ruelle a décrit avec beaucoup de soin et de netteté les méthodes usuelles pour forer, charger et enflammer les mines ordinaires. Nous ne pouvons mieux faire que de lui emprunter les lignes suivantes :

« *Forage des trous de mine.* Les principaux outils dont se servent les mineurs pour l'exploitation du rocher sont le fleuret, la massette, la barre à mine, la pince, le coin, la pointerolle, le pic et l'épinglette. Le pic n'est employé que dans les roches les plus tendres où le secours de la mine devient inutile; il sert aussi à détacher les blocs ébranlés et à faire disparaître les aspérités des parois. La pointerolle le remplace dans les roches dures : c'est un outil rond, un peu plus long que le ciseau ordinaire de maçon et se terminant d'un côté en pointe fortement aciérée ; l'ouvrier le tient de la main gauche et frappe sur la tête avec la massette, espèce de marteau rectangulaire du poids de $2^k,50$, à faces planes et à manche court. La pince, barre de fer en forme de levier coudé, et le coin sont employés pour achever de fendre et séparer les grandes masses. Les trous de mine de l'avancement se faisaient tous au moyen du fleuret qui est une barre de fer ronde de $0^m,025$ à $0^m,03$ de diamètre et de $0^m,60$ à $1^m,20$ de longueur, terminée d'un côté par un saillant biseauté formant pointe au milieu. C'est en frappant avec la massette sur la tête du fleuret, maintenu de la main gauche, que l'ouvrier perce le trou de mine ; après chaque coup il a soin de relever un peu le fleuret et de le faire tourner d'une fraction de circonférence pour l'empêcher de s'engager dans le rocher et pour obtenir un trou cylindrique. Il jette aussi de temps en temps un peu d'eau dans le trou pour rafraîchir la pointe du fleuret et délayer les détritus, qu'il retire avec une tige de fer, recourbée en forme de cuiller à son extrémité, et qui porte le nom de curette (fig. 9); un bourrelet de paille passé autour du fleuret et adhérent à l'ouverture du trou, empêche l'eau de rejaillir au dehors. Le tranchant au moyen duquel le fleuret mord dans le rocher doit être bien aciéré et retrempé toute les fois qu'on l'affine.

On s'est servi alternativement au Lioran de massettes aciérées ou non aciérées ; dans le premier cas, la tête du fleuret, qui est en fer doux, s'aplatit et forme champignon ; dans le second cas, la tête du fleuret est aciérée et ce sont les faces de la massette qui se creusent. Nous pensons, d'après une assez longue expérience, que l'on doit préférer les massettes non aciérées : le déchet est un peu plus considérable, mais les coups sont mieux assurés et le travail y gagne. De plus, les ouvriers n'ont pas à craindre de recevoir dans les yeux des paillettes de fer détachées de la massette et projetées au moment du choc, ce qui peut occasionner des accidents graves. Les mineurs du revanché travaillaient simultanément au fleuret et à la barre à mine ; souvent le forage au fleuret s'effectuait par deux ouvriers dont l'un tournait l'instrument pendant que l'autre frappait dessus avec une lourde masse appelée masse à couple. Les barres à mine, qui ne sont autre chose que des fleurets plus longs et plus gros, présentant un tranchant aciéré à leurs deux extrémités, étaient généralement employées pour les trous pratiqués verticalement ou avec une forte inclinaison et qui devaient avoir une grande profondeur. On commence d'abord les trous avec le fleuret et on les continue

avec la barre à mine qu'un ou deux ouvriers manœuvrent en la relevant et l enfonçant successivement avec force et la faisant tourner chaque fois d'une petite quantité.

Opération de la charge. — En réfléchissant aux procédés usités pour l'exploitation du rocher à la mine, on est étonné que l'art du mineur n'ait pas fait de progrès depuis que l'on se sert de la poudre, et que la forme des outils employés soit restée presque la même. On a bien imaginé des espèces de tarières pour percer plus rapidement les roches tendres et donner aux trous de plus fortes dimensions, mais leur usage n'a pu s'étendre encore aux roches dures et il faut toujours avoir recours aux outils mus par percussion. On doit espérer néanmoins qu'on trouvera un moyen plus efficace de forage et qu'on parviendra surtout à disposer la charge de poudre de manière à obtenir le maximum d'effet utile. Dernièrement un de nos camarades d'école, M. Courbebaisse, ingénieur à Cahors, est parvenu à obtenir des résultats remarquables dans l'exploitation des roches calcaires. En versant de l'acide hydrochlorique au fond d'un trou de mine percé à la manière ordinaire jusqu'à une grande profondeur, il en corrode les parois et obtient au bout de quelque temps une chambre assez spacieuse qui, bien nettoyée, bien séchée et remplie d'une forte charge de poudre, produit des effets très-puissants. Ce moyen paraît surtout avantageux pour exploiter des roches calcaires pleines, sans fissures, sur une grande hauteur verticale, au bord d'un fleuve ou d'un précipice où les masses ébranlées peuvent rouler, sans qu'il soit besoin de les réduire en blocs moins lourds pour les déblayer et les transporter; mais les conditions particulières de l'exploitation en souterrain permettraient difficilement de l'appliquer. Ce qu'il faudrait surtout obtenir, c'est une plus grande rapidité dans la main-d'œuvre du forage.

Disons maintenant quelques mots des précautions à prendre pour charger les mines et y mettre le feu. On sait que chaque mineur s'éclaire, pour forer un trou de mine, au moyen d'une lampe en fer ayant la forme d'un ellipsoïde de révolution très-aplati perpendiculairement à son axe, et fermée hermétiquement pour que l'huile ne puisse se répandre par suite des mouvements et des chocs, cette lampe s'accroche à une aspérité de la roche, dans la position la plus commode pour bien éclairer le travail de l'ouvrier[1].

Lorsque le trou de mine est arrivé à la profondeur convenable, eu égard à la forme et à la nature de la masse que l'on veut faire sauter, on le nettoie en retirant tous les détritus délayés qui sont au fond, au moyen de la curette, petite tige de fer recourbée à son extrémité en forme de cuiller, et on l'essuie avec du papier gris, de la mousse sèche ou des étoupes. Si le trou est percé dans une roche aquifère, il est nécessaire de le graisser, c'est-à-dire de l'enduire avec de l'argile grasse bien battue et bien malléable que l'ouvrier lisse avec soin sur tout le pourtour, jusqu'à ce que les suintements ne paraissent plus. Mais ce procédé est insuffisant quand le trou de mine donne lieu à de trop fortes infiltrations, et il faut alors l'abandonner ou enfermer la poudre dans des sacs de toile goudronnée, pour la préserver de l'humidité, et y mettre le feu d'une manière particulière. Dans les autres cas, on se contente de mettre la charge de poudre dans une cartouche cylindrique faite en gros papier, que l'on chasse au fond du trou avec un morceau de bois. Nous n'avons pas même em-

[1] Il n'est guère probable qu'un appareil général d'éclairage pût remplacer avantageusement dans un souterrain ce mode particulier, à cause de l'ombre que projetteraient les mineurs sur leur travail même, dans les diverses positions qu'ils sont obligés de prendre.

ployé de cartouches pour les trous de mine ayant une assez forte inclinaison du haut en bas, et on y versait simplement la poudre, avec précaution, au moyen d'un petit cylindre de fer-blanc. Cet usage doit être proscrit dans les ateliers où l'on exploite des roches vives, siliceuses, donnant facilement des étincelles; mais il n'en est résulté aucun inconvénient à la percée. La qualité de la poudre à mine a du reste une certaine influence; ainsi la poudre à grains sphériques est bien préférable à celle à grains inégaux et irréguliers, parce qu'elle arrive tout au fond, sans s'arrêter sur les parois et sans les salir, comme fait l'autre, qui est toujours un peu pulvérulente. Les mineurs prétendent aussi qu'elle s'enflamme plus rapidement et donne moins de fumée.

Après avoir tassé la poudre avec le bourroir en bois, on met en place l'épinglette, qui est une baguette de cuivre jaune (fig. 10), se terminant en pointe d'un côté et par un anneau de l'autre, destinée à conserver l'emplacement de la mèche qui doit communiquer le feu à la mine. Lorsque l'épinglette a pénétré jusqu'au milieu de la cartouche ou de la masse de poudre, on fait glisser dans le trou une pelote de terre grasse qui vient s'appliquer sur la poudre, qu'elle isole complétement, tout en maintenant l'épinglette contre la paroi du trou de mine. On bourre alors, avec des débris d'argile sèche ou de roches très-tendres, ne pouvant donner d'étincelles par le frottement ou les chocs, en ajustant sur l'épinglette la rainure que présente le bourroir à sa partie inférieure, qui est renflée à la largeur du trou, et frappant dessus avec la massette. Il conviendrait, pour plus de sûreté, de se servir de bourroirs en cuivre, mais ils s'usent si facilement que nous avons eu beaucoup de peine à l'obtenir des ouvriers pendant quelque temps, et qu'ils en sont revenus aux bourroirs en fer. Nous n'avons eu heureusement à déplorer aucun accident. Il en est arrivé un assez singulier par le fait de l'épinglette; au moment où le mineur la retirait pour replacer la mèche, la mine est partie; et comme on ne peut supposer que le frottement du cuivre contre le rocher ait pu produire une étincelle, il faut admettre qu'elle s'est formée par le frottement de petits débris de roche entraînés, ou bien que la chaleur développée a suffi pour enflammer la poudre.

Manière de mettre le feu. — C'est en mettant le feu aux mines que les accidents ont lieu le plus ordinairement; cette opération exige de grandes précautions, aussi n'était-elle confiée qu'aux mineurs d'élite. A la couronne, les ouvriers, qui étaient tous choisis avec discernement, préparaient chacun leur mine et y mettaient le feu; au revanche, les chefs mineurs étaient exclusivement chargés de cette double opération; et, pendant ce temps-là, les autres ouvriers commençaient de nouveaux trous. Voici comment on procède : La mine étant bien bourrée et avec d'autant plus de force qu'on s'éloigne davantage de la poudre, on recouvre le bourrage d'une pelote de terre glaise pour bien le fixer, afin qu'il ne tombe rien dans le trou laissé par l'épinglette, qu'on retire doucement en passant le manche d'une massette dans l'anneau et en frappant contre ce manche. On place ensuite la mèche, qui consistait au Lioran, comme dans la plupart des exploitations, en une suite de petits cornets de papier enfilés les uns dans les autres et tapissés intérieurement d'une mince couche de poudre durcie. Le diamètre de ces petits tuyaux, que l'on appelle canettes, est de $0^m,003$ à $0^m,005$; on y verse quand ils sont préparés un mélange liquide de poudre et d'eau qui forme en séchant cette mince couche destinée à communiquer le feu à la charge. La canette doit être enfoncée aussi profondément que possible dans le trou de l'épinglette, et il faut prendre garde qu'elle ne se replie dans le mouvement ou que les parties dont elle se compose ne se séparent les unes des autres,

ce qui établirait une solution de continuité; il est nécessaire pour cela qu'elle soit bien sèche et résiste à la pression des doigts. L'extrémité supérieure qui affleure le bord du trou est maintenue par la pelote d'argile qui la presse et l'on y fixe une petite mèche de coton soufrée, en faisant fondre un peu de soufre pour établir l'adhérence. C'est à cette mèche que l'on met directement le feu quand on veut faire partir la mine; sa combustion est assez lente pour laisser à l'ouvrier tout le temps nécessaire pour s'éloigner. Si plusieurs coups de mine doivent partir à la fois, ou successivement les uns après les autres, on gradue la longueur de la mèche soufrée sur l'ordre dans lequel il faut que l'explosion ait lieu. Cette précaution est très-importante, d'abord pour permettre aux ouvriers de compter les coups qui partent et de reconnaître ceux qui ont manqué, ensuite pour augmenter l'effet à produire par les diverses mines, en faisant partir les premières celles qui doivent dégager les autres, comme disent les ouvriers, c'est-à-dire diminuer la résistance de la masse à soulever en l'ébranlant et en soulevant la partie antérieure. On conçoit que si les ordres des explosions étaient intervertis, certains coups ne pourraient produire aucun effet; aussi y a-t-il quelque art à disposer l'extrémité de la canette, munie de la mèche soufrée, pour éviter qu'elle ne prenne trop vite, ou qu'elle ne soit éteinte par les débris projetés des autres mines.

Les ouvriers ont besoin de ne pas trop s'éloigner, afin d'éviter une perte de temps qui devient considérable par sa répétition, et d'être à même de remarquer les mines qui ne partent pas, soit parce que la mèche est éteinte, soit parce que la canette a pris feu sans le communiquer à la charge. Il importe dans tous les cas de laisser écouler un temps assez long, 4 ou 5 minutes, après le départ de la dernière mine, pour être sûr qu'aucun accident particulier n'a retardé l'inflammation de celles qui ont manqué. La plupart des accidents tiennent à ce que l'on revient trop tôt sur les mines. En raison des grandes dimensions du souterrain, les éclats de pierre étaient projetés fort loin, quelquefois directement, quelquefois en ricochant d'une paroi à l'autre; ce qui nous a conduit à creuser de 100 mètres en 100 mètres à peu près de petites galeries de refuge ayant 2 mètres de hauteur sur 2 mètres de largeur et une profondeur de 4 mètres, dont l'axe formait un angle aigu avec celui du souterrain dans la direction de l'approfondissement. De cette manière, les ouvriers n'avaient à redouter aucun accident. On se contente dans d'autres travaux de construire des abris en charpente derrière lesquels les ouvriers se placent; mais, malgré le surcroît de dépenses, les petites galeries latérales ont l'avantage de ne pas obstruer le souterrain et de pouvoir être utilisées comme magasins pour tous les objets du matériel.

Fusées de sûreté. — Nous avons été chargé par M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics d'essayer au Lioran, pour mettre le feu aux mines, les fusées de sûreté importées d'Angleterre et sur lesquelles M. Lechatelier, ingénieur des mines, a inséré une notice détaillée dans les *Annales* de ce corps. Ces fusées se composent d'une corde en chanvre ou en coton dont les brins sont enroulés autour d'un filet continu de poudre fine, qui en forme l'âme et qui est fortement serré; cette première corde est recouverte d'un ruban formé de plusieurs fils, roulé en hélices jointives et protégé contre l'action de l'humidité par un enduit de goudron. Cet assemblage forme un tout flexible, mais d'une grande dureté, qu'une pression considérable ne pourrait pas écraser, et qu'une pierre anguleuse chassée fortement par le bourroir dans un trou de mine ne couperait qu'avec difficulté.

Pour les mines pratiquées dans des roches très-aquifères ou sous l'eau, qui

exigent une plus grande imperméabilité, un double ruban goudronné recouvre la fusée ordinaire et en augmente la dureté. Ces fusées renferment de 11 à 12 gr. de poudre par mètre courant et reviennent, les premières à 0f,10, les secondes à 0f,15. On a évalué que la poudre, une fois enflammée, brûlait graduellement avec une vitesse de 0m,50 environ par minute, dans l'intérieur de la corde, lorsque cette dernière est serrée par le bourrage dans un trou de mine. Cette vitesse doit varier du reste suivant la plus ou moins grande compression exercée.

Il est facile de concevoir les avantages que présentent ces fusées pour le tirage de la poudre; elles remplacent la canette ordinaire, rendent complétement inutile l'usage de l'épinglette et diminuent par suite les chances d'accident, tout en abrégeant le travail. On est même fondé à croire qu'elles procurent une certaine économie dans la quantité de poudre employée à la charge, à cause du rétrécissement du vide occupé par la mèche. Leur emploi est très-simple : quand le trou de mine est préparé, on y verse, s'il est suffisamment incliné de haut en bas, la moitié de la charge et on introduit jusqu'au contact de la poudre un bout de fusée d'une longueur suffisante pour qu'il reste quelques centimètres en saillie au-dessus du trou ; on verse alors le restant de la charge et on enfonce comme à l'ordinaire une pelote d'argile destinée à faire glisser tous les détritus de poudre qui auraient pu s'arrêter le long des parois (quoique ce soit presque impossible avec la poudre ronde) et à isoler complétement la charge. On achève ensuite de bourrer avec des débris de roche décomposée en ayant loin de ménager la fusée. Si le trou se rapproche de l'horizontale ou est incliné de bas en haut, on se sert d'une cartouche dans laquelle on introduit le bout de la fusée, jusqu'au tiers ou à la moitié de la longueur, après quoi on lie autour de la fusée le papier du haut de la cartouche, soit avec de la ficelle mince, soit au moyen d'une partie du ruban goudronné de la fusée que l'on déroule avant d'en enfoncer l'extrémité dans la poudre; le goudron ramolli par la chaleur de la main sert dans ce dernier cas à augmenter la solidité de la ligature, puis on pousse le tout avec le bourroir en bois et l'on effectue le bourrage comme précédemment.

Pour faire partir les mines, on met le feu directement avec une lampe au bout de la corde qui ressort du trou, après l'avoir un peu détordue afin de mettre la poudre à nu, car sans cela il pourrait arriver que la poudre trop comprimée ou empâtée de goudron ne s'enflammât pas. Un procédé encore plus sûr indiqué par notre camarade M. Lechatelier, consiste à imbiber d'essence de térébenthine l'extrémité de la corde. La fusée, en brûlant dans le bourrage, laisse un résidu charbonneux qui obstrue presque entièrement la place qu'elle occupait, en sorte que les gaz provenant de la déflagration de la poudre, ne trouvant aucune issue pour s'échapper, doivent réagir plus fortement sur le rocher et produire un effet utile plus considérable. Cependant nous n'avons pu continuer dans les travaux de la percée l'emploi de ces fusées à cause d'un grave inconvénient qu'elles présentent, mais que l'on parviendra sans doute à corriger en partie ; c'est l'épaisse fumée et l'odeur que répand la corde en brûlant, surtout la partie extérieure qui doit parfois être laissée assez longue pour graduer le départ des mines. Cette fumée bitumineuse ne parait pas nuisible à la santé des ouvriers comme le sont les vapeurs sulfureuses qui proviennent de la combustion des mèches soufrées ou de la poudre, mais elle était si intense au fond de nos galeries de 500 à 600 mètres, où l'air ne se renouvelait qu'avec lenteur, que le travail ne pouvait être repris qu'au bout de quelque temps. Un autre inconvénient des fusées résulte précisément de la difficulté de régler le départ des coups de mine lorsqu'il y en

a un certain nombre et que les plus profondes doivent partir avant celles qui le sont moins; on conçoit, en effet, que la fusée brûlant graduellement, on ne peut en laisser hors du trou une longueur suffisante pour intervertir l'ordre des explosions successives, et si l'on a recours aux mèches soufrées, comme avec les canettes ordinaires, il arrive assez fréquemment que la fusée ainsi amorcée ne prend pas.

Ce que nous venons de dire ne constitue qu'un cas particulier où l'emploi des fusées de sûreté présente quelques inconvénients en compensation de leurs avantages; il n'en est pas de même dans les souterrains convenablement aérés et dans toutes les exploitations à air libre; et nous sommes convaincus que leur usage produira les plus heureux résultats, en diminuant considérablement le nombre des victimes, dans une foule de travaux où l'on emploie comme mineurs des ouvriers maladroits ou peu expérimentés.

Il est probable qu'on parviendra à obtenir dans leur confection une perfection telle qu'on n'ait pas à craindre qu'une fusée rate dans le trou de mine, soit par suite d'une solution de continuité dans le filet de poudre, soit par suite d'un défaut de résistance à la compression de la corde goudronnée. Mais c'est pour l'exploitation des roches aquifères ou submergées que leur emploi est inappréciable : il fallait auparavant établir dans chaque trou de mine un cylindre en fer-blanc surmonté d'un mince tube qui servait à communiquer le feu à la poudre, tandis qu'avec elles, des cartouches de toile goudronnée suffisent, et l'on peut laisser noyer l'appareil sans risque, lorsque les bords du petit sac de toile contenant la charge ont été bien rattachés à la corde au moyen d'une ligature enduite de goudron. »

Effet des mines. — Il arrive, dans les rochers fissurés, que l'effet d'une mine est nul parce que les gaz formés par la combustion se détendent dans les cavités; en général, quand on a affaire à de telles roches, on les exploite au coin; toutefois, dans le cas où on voudrait employer la mine, il faudrait d'abord couler dans l'excavation de l'eau chargée de sulfate de chaux ou plâtre, lequel se déposerait dans les fissures et durcirait assez pour les boucher.

Il y a beaucoup de travail perdu dans celui que représente la combustion de la poudre : la plus grande partie de la force vive est absorbée par les projections, par les vibrations communiquées à la masse, par les pertes de chaleur, etc...; cependant, l'emploi de la poudre est économique par rapport à l'emploi du ciseau et de la pointerolle, parce que la poudre développant en un temps très-court une force expansive énorme, permet de détacher des blocs considérables.

Le mineur intelligent acquiert par la pratique une grande habileté dans l'art de disposer ses trous de mine, eu égard à la force de la charge. Ainsi soit à détacher le bloc A (figure 11, planche I); la ligne de moindre résistance est évidemment dirigée suivant (np) : il faudra placer la mine (mn) normalement à (np) et à une distance telle que la charge soit aussi bien utilisée que possible; si la distance est trop courte, il y aura projection; si elle est trop forte, la disjonction n'aura pas lieu et la dépense sera perdue.

POUDRE ORDINAIRE. — DYNAMITE.

Jusqu'à ces dernières années, on n'employait que la poudre de mine ordinaire; mais les progrès de la chimie ont mis au jour un certain nombre de matières explosibles qui sont pour la plupart trop brisantes, c'est-à-dire à explosion trop brusque, pour être utilisées dans les armes à feu, mais qui, par cela même, n'en sont que plus précieuses dans le travail des mines En effet, avec les armes à feu, il ne faut pas d'explosion instantanée, car l'impulsion n'aurait pas le temps de se communiquer à la bourre et à la charge, et l'arme éclaterait; mais, dans les mines, on cherche précisément à faire éclater l'arme, et la poudre est d'autant meilleure que son explosion se rapproche davantage de l'instantanéité. Ainsi, la poudre de guerre et la poudre de chasse seraient, à égalité de prix, bien préférables à la poudre de mine ordinaire, qui renferme moins de salpêtre et qui possède une moindre force explosive.

Poudre ordinaire. — Les Chinois connaissaient depuis fort longtemps des mélanges de soufre et de salpêtre qu'ils faisaient entrer dans la composition des artifices, mais les proportions mises en œuvre donnaient des produits brûlant avec rapidité mais sans explosion. Il en est de même du mélange, indiqué dès le huitième siècle par Marcus Græcus, et reproduit par Albert le Grand. Roger Bacon paraît avoir connu un véritable mélange détonant (treizième siècle), et, dans un manuscrit arabe du quatorzième siècle, on trouve la description d'une poudre à tirer et même d'un canon. Le moine Barthold Schwartz, qui vivait dans la seconde moitié du treizième siècle n'a donc pas le mérite de l'invention de la poudre. C'est pendant la guerre de Cent ans, à Crécy, dit-on, qu'apparut l'artillerie sur les champs de bataille; mais l'emploi de la poudre à l'extraction des roches ne s'est guère développé que depuis un siècle.

Voici la composition de la poudre ordinaire de mine, fabriquée en France par les manufactures de l'État :

Salpêtre.	62
Soufre.	20
Charbon.	18
	100

Elle ne renferme pas assez de salpêtre et trop de charbon pour pouvoir être employée dans les armes à feu, et c'est là une disposition nécessaire pour ménager le rendement de l'impôt.

L'administration avait mis en vente, dans ces dernières années, une poudre de mine forte, contenant 72 de salpêtre, 13 de soufre et 15 de charbon, et une poudre de mine lente contenant 44 de salpêtre, 26 de soufre et 30 de charbon. Celle-ci développe en plus de temps une moindre quantité de gaz qui se trouve portée à une moins haute température; son emploi ne saurait donc être avantageux, car la poudre de mine ordinaire est déjà trop lente. Aussi le public n'a pas accueilli les nouveaux produits et s'en est tenu à l'ancienne composition.

La poudre s'enflamme assez difficilement par simple choc; au contraire, elle s'enflamme bien par une élévation subite de température à 300°.

Poudres diverses. — On a préconisé depuis quelques années diverses poudres

de composition différente, qui ne semblent pas avoir reçu un accueil favorable. On en trouvera l'énumération et la description dans la *Chimie technologique* de MM. Debize et Mérijot; nous nous contenterons de citer :

Le lithofracteur dynamital de Lannoy et C[ie], composé de salpêtre grossier, de soufre, et de sciure de bois ou de son que l'on traite préalablement par l'acide azotique (comme on fait pour préparer le coton-poudre). Ce produit, brûlant difficilement à l'air, fait explosion en vase clos : il paraît qu'aux mines de la Vieille-Montagne, on en a été satisfait;

Le pyronome de Detret, renfermant 52 d'azotate de soude, 20 de soufre et 28 de tan épuisé. Cinq parties d'azotate de soude renferment autant d'acide azotique que six parties d'azotate de potasse, et de plus l'azotate de soude, ou salpêtre du Chili, coûte moins cher. Il y a donc grand avantage à l'employer; malheureusement, il est hygrométrique et donne une poudre qui absorbe l'humidité;

La poudre de mine de Schwartz, aussi efficace et plus économique que la poudre ordinaire, renfermant 56 d'azotate de potasse, 18 d'azotate de soude, 10 de soufre, 15 de charbon et 1 d'humidité;

La poudre de mine de Neumeyer, plus forte et plus économique que la poudre ordinaire, composée de charbon, de salpêtre, de prussiate de potasse et d'un peu de cyanure de potassium;

La poudre blanche d'Augendre, composée d'un mélange à sec de 2 parties de chlorate de potasse, 1 partie de prussiate jaune de potasse et 1 partie de sucre de canne. Elle s'allume plus facilement que la poudre ordinaire, détone avec violence sous le choc d'un marteau, quelquefois même par un simple frottement. Cette poudre se conserve et se fabrique avec la plus grande facilité, mais les éléments qui la composent coûtent cher et elle a le grave inconvénient d'altérer les armes, à cause du chlorate qu'elle renferme. On l'a essayée au siége de Paris, puis on y a renoncé.

Coton-poudre, ou pyroxyle. — Tous les corps ligneux, l'amidon, le papier, le coton, traités par l'acide azotique concentré, se transforment en une substance explosible. Le coton particulièrement, traité par un mélange d'acide azotique et d'acide sulfurique monohydraté, devient la pyroxyline ou coton-poudre, substance dont la découverte fut accueillie avec une grande faveur. On se sert de coton cardé et nettoyé, que l'on débarrasse de ses impuretés en le lavant d'abord dans une solution faible de soude caustique, puis dans un acide étendu et, enfin, dans l'eau distillée. L'acide sulfurique, qu'on ajoute à l'acide azotique, n'intervient pas dans la réaction; il réduit la dépense d'acide azotique et absorbe les acides azoteux et hypoazotique que celui-ci renferme.

La réaction a lieu à froid; si l'on opérait à chaud, on obtiendrait la variété de coton-poudre soluble dans l'alcool et l'éther et servant à la préparation du collodion. Quelques minutes suffisent à la réaction.

Le pyroxyle se décompose peu à peu à mesure qu'on élève la température, et, si on le conserve quelque temps, il subit une décomposition spontanée; chauffé progressivement jusqu'à 100°, il détone, et même il détone à plus basse température si on le chauffe brusquement. Il absorbe facilement l'humidité de l'air.

On voit donc qu'il présente des inconvénients sérieux comme poudre de guerre; comme poudre de mine, ces inconvénients seraient bien atténués si on pouvait préparer la substance sur place.

Les avantages du coton-poudre sont de brûler sans résidu et avec une force explosible considérable, bien supérieure à celle de la poudre ordinaire.

Le chimiste Abel a préparé du coton-poudre comprimé; il le réduit d'abord en pâte, puis le soumet à la presse hydraulique pour en faire des cartouches au centre desquelles on place une capsule fulminante : ces cartouches donnent une explosion violente; on s'en est servi, en 1869, pour déraser des roches à l'île de Bréhat et à Portrieux; mais il ne paraît point qu'elles puissent faire concurrence à la dynamite, d'autant plus que l'usine où on les préparait en Angleterre a sauté en 1871, en causant la mort d'un grand nombre d'ouvriers.

L'officier prussien Schultze a cherché à fabriquer une poudre économique en substituant le bois au coton; mais, il faut faire subir aux bois des préparations qui détruisent l'économie apparente du procédé.

Nitroglycérine. Dynamite. — La nitroglycérine, découverte en 1847 par Sobrero, n'entra dans la pratique industrielle qu'en 1864. C'est au Suédois Nobel qu'on en doit la fabrication en grand; mais elle ne tarda pas à se signaler par de terribles accidents, et on dut en réglementer le transport et l'usage. Néanmoins, elle donnait de si bons résultats pour les déblais de rochers qu'elle ne tarda pas à se propager.

Pour la préparer on verse goutte à goutte de la glycérine concentrée dans un mélange de 1 volume d'acide azotique et de 2 volumes d'acide sulfurique; lorsqu'on a mis un poids de glycérine égal au $\frac{1}{6}$ du poids des acides, on laisse la réaction se produire pendant quelques minutes, puis on jette le mélange dans l'eau froide et la nitro-glycérine se précipite sous la forme d'une substance blanche et huileuse.

Cette huile conserve toujours un aspect laiteux à cause de l'eau qu'elle renferme; elle renferme aussi des acides dont on la débarrasse en la lavant avec un carbonate alcalin. Elle est inodore et sa densité est de 1,60; elle bout à 185°, subit une déflagration violente à 217° et une détonation violente à 257°. Quelques gouttes de glycérine, placées sur une enclume ou sur une pierre dure, détonent avec énergie sous le choc d'un marteau; le même phénomène se produit sous l'action des étincelles de la bobine de Ruhmkorff, ou lorsqu'on fait éclater un pétard au milieu d'elle.

Au contact d'un corps enflammé, la nitroglycérine s'enflamme elle-même et brûle avec une flamme bleu verdâtre.

La nitroglycérine, qui renferme plus d'oxygène qu'il ne lui en faut pour brûler ses propres éléments, possède une force explosive considérable; elle n'est pas plus avantageuse qu'une poudre lente pour débiter les roches tendres, mais, s'il s'agit de roches dures, elle est précieuse, enlève en une seule fois des blocs énormes et réduit considérablement le nombre et la dimension des trous de mine par son action instantanée; la nitroglycérine est précieuse aussi pour les roches fissurées sur lesquelles les poudres lentes sont impuissantes.

La nitroglycérine est de cinq à dix fois plus forte que la poudre ordinaire; mais il est nécessaire de déterminer l'explosion au moyen d'une amorce fulminante placée dans la masse.

La conservation et le transport de la nitroglycérine donnent lieu à de trop graves accidents, pour que l'on consente maintenant à l'employer pure; ce n'est plus que sous forme de dynamite qu'on y a recours.

Lorqu'on mélange la nitroglycérine avec une substance poreuse, qui l'absorbe et la retient même sous une certaine pression, on a ce qu'on appelle une dynamite.

La substance absorbante peut être une marne siliceuse (dynamite Nobel), de

la cendre de charbon, du tripoli, du sable siliceux, etc... Ainsi, la dynamite rouge comprend 67 p. 100 de nitroglycérine et 33 p. 100 de tripoli; la dynamite blanche de Paulille renferme 75 p. 100 de nitroglycérine et 25 p. 100 de sable siliceux; c'est à peu près là la composition normale.

La puissance d'une dynamite est égale à celle du poids de nitroglycérine qu'elle contient.

Soumise à l'action de la chaleur, la dynamite ne produit pas d'explosion; ainsi, une cartouche placée sur une tôle rouge, s'enflamme et brûle lentement; on peut même la tenir à la main pendant qu'elle brûle; une boite en bois blanc, pleine de dynamite, placée dans un feu ardent, brûle sans explosion. Une étoupille Bickford n'enflamme pas toujours la dynamite, mais lorsqu'elle l'enflamme, la dynamite continue à brûler sans explosion. — Sous ce rapport, la dynamite est donc moins dangereuse que la poudre ordinaire. — La dynamite gelée s'enflamme encore moins facilement, mais elle conserve ses propriétés explosives.

Soumise à l'action de la chaleur, dans un vase à parois résistantes, tel qu'une cartouche en métal, la dynamite subit une violente explosion.

L'action de la lumière sur la dynamite est nulle; cependant, la chaleur solaire vive peut amener un commencement de décomposition qui se propage, et la substance est alors susceptible de s'enflammer.

Le choc de fer sur fer détermine toujours l'explosion, celui de fer sur pierre quelquefois et celui de fer sur bois jamais. Il est nécessaire que l'intensité du choc soit assez considérable : le choc direct d'un projectile fait toujours éclater la dynamite.

L'étincelle de la bouteille de Leyde n'a pas d'action sur la dynamite; une série d'étincelles d'induction détermine dans la masse une petite explosion locale qui ne se propage pas.

Dans la dynamite, la nitroglycérine possède une stabilité chimique relativement grande. — Elle est insoluble et l'eau ne la décompose pas; mais elle prend peu à peu la place de la nitroglycérine qu'elle expulse et il peut en résulter quelque danger.

Il n'y a donc pas de crainte à concevoir dans le transport de la dynamite, pourvu qu'elle soit placée dans des caisses de bois léger, et qu'on évite un excès d'humidité.

Les cartouches de dynamite se transportent en paquets de 2 à 3 kilogrammes; on les range dans des boites en sapin et on remplit les interstices avec de la sciure de bois; l'enveloppe des cartouches est un papier fort et mieux une toile goudronnée ou du caoutchouc.

L'inflammation de la dynamite exige des soins particuliers, qui sont nettement indiqués par MM. les ingénieurs Debize et Mérijot; les lignes suivantes sont extraites de leur *Chimie technologique* :

Mode d'inflammation de la dynamite. On provoque l'explosion de la dynamite à l'aide de capsules fulminantes, contenant généralement 80 p. 100 de fulminate de mercure et 20 p. 100 de chlorate de potasse, ce dernier corps ayant simplement pour but de donner de la consistance au fulminate. Pour les applications industrielles, le poids de fulminate introduit dans une capsule est généralement de 5 à 6 décigrammes; pour les applications militaires, où il importe d'assurer l'explosion autant que possible, on va jusqu'à 1 gramme. M. Abel a même conseillé de porter le poids du fulminate à 2 grammes, afin d'être bien sûr de l'effet des capsules, même dans le cas où elles ne seraient pas en contact immédiat avec la dynamite.

La substance fulminante est introduite dans un tube métallique, en cuivre rouge, en laiton ou même en fer-blanc, qui est fermé par un bout, et qui a une longueur variable de $0^m,04$ à $0^m,10$. Pour l'empêcher d'être détériorée par l'humidité et déplacée pendant le transport, on la fixe en la recouvrant d'une goutte de collodion.

De la dynamite au coton-poudre, détonant sous l'influence d'une amorce qui contient 7 décigrammes de fulminate de mercure, produit l'explosion de la dynamite congelée. Quand l'amorce ne contient que 3 décigrammes, elle détone, mais sans produire un choc suffisant pour entraîner la détonation de la dynamite congelée.

Lorsqu'il doit s'écouler un certain temps entre le moment de la mise du feu et celui de la détonation, on se sert du cordon de sûreté, dit cordeau Bickford[1], ou d'une composition fusante, brûlant d'une longueur déterminée dans un temps donné. Lorsque l'explosion doit coïncider avec la mise en feu, on a recours à divers cordeaux porte-feu instantanés ou à l'électricité.

Dans le premier cas, on coupe une mèche Bickford à la longueur nécessaire, et, après avoir rafraîchi l'un des bouts, on le plonge dans la capsule jusqu'au fulminate. La mèche est assurée dans cette position en serrant fortement le haut de la capsule avec une pince, de manière à ce que le cordeau ne puisse pas se mouvoir dans le tube ; ce cordeau agit alors comme bourrage pour la petite charge fulminante de la capsule et augmente la violence de l'explosion.

Les cordeaux porte-feu instantanés se fixent à la capsule comme la mèche précédente.

Pour amorcer une cartouche à enveloppe de papier, on l'ouvre par une de ses extrémités et l'on introduit doucement, dans la dynamite, la capsule fulminante, munie de la mèche Bickford, du cordeau instantané ou de l'amorce électrique qui doit produire sa détonation. Cela fait, on rabat le papier de la cartouche autour de la mèche et l'on assure la solidité du système par une forte ligature. Il est indispensable que la capsule ne soit pas complétement noyée dans la dynamite ou, en d'autres termes, que le cordeau ne soit nulle part en contact avec la charge, car, dans ce cas, une défectuosité légère dans le cordeau suffirait pour enflammer la dynamite avant que la capsule ait détoné, et il en résulterait un raté presque certain ; en admettant même qu'il y ait explosion, on n'en aurait pas moins perdu l'effet de la portion de la charge qui aurait brûlé. En outre, ce qui peut être un inconvénient grave pour les galeries de mine, on produirait les gaz délétères auxquels donne lieu la combustion de la dynamite, au lieu des gaz inoffensifs qui résultent de sa détonation.

Quelquefois, lorsque les cartouches sont un peu fortes, on loge les capsules dans de petites cartouches spéciales, dites cartouches-amorces, où la dynamite doit être tassée aussi soigneusement que possible, et où la position de la capsule est invariable.

Quand un trou de mine est achevé et nettoyé, il suffit, pour le charger, d'y introduire, cartouche par cartouche, la quantité de dynamite que l'on veut y loger.

Les cartouches doivent être d'un diamètre peu inférieur à celui du trou ; quand

[1] Un cordeau Bickford se compose d'une âme remplie de pulvérin fixé autour d'un fil et recouverte de chanvre, qu'on entoure avec une corde en hélice ; ces mèches sont plongées dans du goudron de gaz ou du coaltar ; dans certains cas, le chanvre est recouvert d'une couche de gutta-percha.

la première est arrivée au fond, on la presse, sans frapper, avec un fouloir en bois, de manière que l'enveloppe de papier s'ouvre et que la dynamite, qui est plastique, vienne se serrer contre les parois du trou sans laisser aucun vide. On continue ainsi jusqu'à ce qu'on soit arrivé à une hauteur convenable, laquelle se trouve ordinairement comprise entre un cinquième et un tiers de la profondeur.

La charge terminée, on pose simplement au-dessus la cartouche-amorce, munie de sa capsule, que l'on a soin, bien entendu, de ne pas écraser, et l'on termine par un bourrage en sable ou en argile, qui est généralement très-favorable à l'action de la charge, surtout lorsqu'il est serré avec un bourroir en bois ; mais cette dernière opération exige beaucoup de prudence, pour éviter les accidents que pourraient entraîner l'écrasement et la détonation prématurée de la capsule.

Lorsque, à la suite d'un raté, on doit débourrer un trou de mine, pour placer une nouvelle cartouche-amorce, il faut également opérer avec beaucoup de précaution, car le choc de la barre à mine sur la capsule, si celle-ci n'a pas détoné, produirait infailliblement l'explosion. On doit donc cesser de débourrer, quand on est arrivé à une dizaine de centimètres de la charge, en plaçant une nouvelle cartouche-amorce plus forte que la précédente, et en lui donnant le feu, on a chance de produire l'explosion de toute la charge.

Maintenue quelque temps à une température inférieure à 8°, la dynamite, comme nous l'avons vue, gèle et durcit. Dans cet état, les capsules du commerce ne provoquent que rarement son explosion ; de plus, cette dynamite n'étant plus plastique, on ne peut plus la serrer contre les trous de mine. Dans la pratique civile, s'il ne s'agit que de petites charges, ce qu'il y a de plus simple à faire, c'est de porter les cartouches dans la poche, de manière à les maintenir à l'état mou ou à les dégeler. Pour les fortes charges, on peut les réchauffer au bain-marie. On peut encore faire détoner les cartouches congelées en employant des cartouches-amorces de dynamite au coton-poudre, proposées par le lieutenant autrichien Trauzl.

Pour charger des trous de mine remplis d'eau, on procède de la même manière ; seulement, dans ce cas, il devient d'autant plus nécessaire de bourrer les cartouches qu'une couche d'eau interposée pourrait gêner la propagation de l'explosion. Pour mettre le fulminate à l'abri de l'humidité, on enduit de cire, de poix ou de suif le bord supérieur de la capsule, après l'introduction de la mèche, qui doit alors être imperméable, c'est-à-dire, par exemple, recouverte de gutta-percha.

Quand la charge doit séjourner dans l'eau plus d'une demi-heure, il est bon d'enfermer les cartouches dans des enveloppes en parchemin ou en métal et de bien protéger la cartouche-amorce.

Quand la charge doit rester sous l'eau pendant un temps très-long, il est nécessaire de la loger dans un vase étanche et clos ou dans un sac en caoutchouc.

De même, lorsqu'une charge doit séjourner longtemps dans la terre, il est utile de la préserver contre l'action prolongée de l'humidité, en opérant comme si l'opération devait se faire sous l'eau. »

La dynamite blanche est à peu près seule usitée en France ; le n° 1, qui contient environ 75 p. 100 de nitroglycérine, est vendu par la régie au prix de 9 fr. 50 ; les n°s 2 et 3 se vendent 6 fr. 50 et 4 fr. 50. Le prix de la poudre de mine est de 2 fr. 25.

Signalons pour mémoire diverses dynamites à base active, tandis que la précédente est à base inerte ; la base active est une matière combustible. Avec du coke pulvérisé, on a la dynamite noire ; le lithofracteur de Deutz, près Co-

logne, paraît un mélange de poudre de mine et de nitroglycérine ; on l'emploie au chargement des projectiles creux. — La dynamite grise de Paulille renferme 25 parties de nitroglycérine et 75 parties d'une poudre commune. — La dynamite fabriquée avec du coton-poudre en pâte est précieuse, parce qu'elle est inaltérable à l'eau et à l'humidité.

On a cherché à opposer à la dynamite la poudre au picrate de potasse; ce sel est aussi stable et aussi peu dangereux que la poudre ordinaire; mais, comme économie et puissance, il est inférieur à la dynamite.

Conclusion. La dynamite est une substance précieuse pour l'extraction des roches dures; elle est d'une fabrication et d'un transport faciles, ne présente guère plus de dangers que la poudre ordinaire et possède une puissance bien plus considérable. L'emploi doit en être généralisé.

PERFORATEURS MÉCANIQUES.

Bien que l'usage de la poudre ait fait faire un pas immense à l'exploitation des mines, on ne peut méconnaître que le travail du mineur est encore beaucoup trop pénible eu égard à celui qu'on demande aux ouvriers des autres industries. Partout, on tend à substituer le travail mécanique au travail manuel, et à se servir de l'ouvrier pour guider des machines et non pour créer de la force vive ; il faut absolument que l'industrie minière se lance dans cette voie, car la consommation augmente sans cesse et la production reste stationnaire. Plusieurs essais heureux ont été faits dans ce sens, et l'on a mis en œuvre depuis quelques années les perforateurs mécaniques, qui creusent les trous de mine et que met en mouvement soit l'homme agissant sur une manivelle, soit un moteur inanimé.

Les perforateurs mécaniques sont susceptibles de rendre de grands services dans la construction des tunnels, ils fournissent un travail rapide et économique; sans eux, le percement du mont Cenis eût été presque impossible et on en a tiré, pour l'exécution de cette œuvre gigantesque, un merveilleux parti.

Tarière pour roches tendres. Avec les roches tendres, telles que le plâtre et un grand nombre de calcaires, on peut recourir aux tarières pour creuser les trous de mine et substituer à la percussion, qui absorbe toujours une certaine quantité de force vive, un effort continu exercé à la circonférence d'une manivelle. Le système des tarières a même été appliqué par M. Lisbet à la perforation des roches dures.

La figure 12, de la planche I, représente un appareil presque identique à celui de M. Lisbet. On en comprend la manœuvre à première vue : la tarière (*a*) est prolongée par une vis, qui traverse un écrou fixe *o*, et se termine par une manivelle *bm*. L'écrou fixe est compris entre deux montants *ce*, *df*, terminés chacun par une pointe qui s'appuie sur le rocher ; à la partie supérieure, une vis à manette *v* permet d'exercer sur le plafond une pression suffisante pour rendre l'appareil bien immobile. Une série de crans ménagés sur la hauteur des supports, permet de placer l'appareil à différentes hauteurs, et un secteur à trous permet de faire prendre à la tarière diverses inclinaisons autour du point *o*.

Dans l'appareil Lisbet, la tarière est formée d'un ruban d'acier contourné en hélice; la première spire, d'un plus grand diamètre que les suivantes, attaque

seule le rocher et les autres servent à l'expulsion des poussières et débris.

Des expériences exécutées à Montchanin ont donné les résultats suivants : Dans les schistes noirs tendres, on creusait un trou de $0^m,53$ de profondeur en six minutes, et un trou vertical de $0^m,94$ en neuf minutes; dans le grès tendre fin micacé, il fallait cinq minutes pour creuser un trou de $0^m,73$; on changeait trois fois de fleuret, sans que l'outil s'échauffât sensiblement; au contraire, dans le grès extrêmement dur, il fallait huit minutes pour pénétrer de $0^m,14$ et l'outil s'échauffait un peu. L'outil doit être d'autant plus aigu que la roche est plus tendre.

Une machine analogue au perforateur Lisbet est très-commode pour creuser des trous de scellement dans des pierres calcaires.

Comparaison des outils à rotation aux outils à percussion. Le perforateur à rotation, système Lisbet, donne d'excellents résultats avec les roches tendres, mais il a un grave inconvénient : c'est que chaque outil ne convient bien qu'à une roche déterminée, en vue de laquelle il a été construit : quand on passe d'une roche à une autre, il faut changer le diamètre et le pas de la tarière; ces deux quantités diminuent à mesure que la dureté augmente.

Enfin, malgré le bon rendement mécanique de l'appareil Lisbet, il devient impuissant dès qu'il s'attaque à des roches plus dures que le grès, et, si l'on veut alors continuer à se servir d'un perforateur à rotation, il faut recourir à l'appareil Leschot, que nous décrirons plus loin et dont le fleuret est remplacé par un anneau garni de diamants noirs.

Pour des roches dures, les appareils à percussion sont préférables; ils produisent une désorganisation intermittente, qu'on ne pourrait obtenir avec un effort continu. Ainsi, quoiqu'ils soient défectueux au point de vue mécanique, puisque le choc absorbe toujours beaucoup de force vive, ils n'en sont pas moins précieux pour attaquer les roches dures, surtout celles qui se cassent facilement sous les chocs.

Il va sans dire que les appareils à percussion ne feraient que de mauvaise besogne dans des roches tendres; la lame du fleuret y pénétrerait profondément et il faudrait exercer un effort considérable pour la dégager.

Ainsi, en résumé, il faut recourir aux perforateurs à rotation pour les roches tendres et aux perforateurs à percussion pour les roches dures.

Le plus connu des perforateurs à percussion est celui de M. Sommeiller, avec lequel a été exécuté le tunnel du mont Cenis.

Perforateur Sommeiller. Au moment où l'on étudiait le projet de tunnel sous le mont Cenis, on fit des expériences, en 1854, sur le perforateur Bartlett, qu'une machine à vapeur faisait mouvoir. MM. Sommeiller, Grandis et Grattoni perfectionnèrent l'appareil Bartlett, lui donnèrent comme moteur l'air comprimé et en tirèrent le parti que l'on sait pour le percement du mont Cenis.

Il a été donné plusieurs descriptions de l'appareil Sommeiller ; elles diffèrent entre elles à cause des perfectionnements successifs que le mécanisme a reçus : la plus complète et la plus claire se trouve, suivant nous, dans le Bulletin de la Société de l'Industrie minérale de 1873. Elle a été rédigée par M. l'ingénieur Pernolet, et c'est de cette notice que nous avons extrait les figures 1 et 2 de la planche II.

Un châssis ou cadre en fer *(abcd)* de $2^m,68$ de longueur et de $0^m,18$ de largeur porte deux mécanismes distincts : l'un BXMNL, posé à demeure sur le châssis, et l'autre placé au-dessous du précédent, entre les deux longs côtés *ab*, *cd* du cadre, est mobile parallèlement à la direction de ces côtés du cadre ; ce dernier

mécanisme, qui constitue l'appareil percusseur, est commandé par le premier.

Occupons-nous d'abord de l'appareil percusseur :

Sa pièce essentielle est un piston (E*e'e*S) ; la première partie E est vissée sur la seconde *e'*, et elles serrent entre elles des cuirs emboutis *g*, *g'*, formant la garniture du piston et destinés à interrompre la communication de l'air de l'avant à l'arrière du cylindre ; avec la seconde partie *e'* est venue à la fonte la troisième partie (*e*), beaucoup plus longue que les deux autres, mais d'un diamètre un peu moindre ; ainsi, tandis que le diamètre de (E*e'*) est de 0^{m},08, c'est-à-dire précisément égal au diamètre du cylindre, celui de la partie (*e*) n'est que de 0^{m},065, et il reste entre la pièce (*e*) et les parois du cylindre un vide annulaire de 0^{m},0075. Le piston (*e*) traverse le fond du cylindre dans une boîte en bronze garnie d'un cuir embouti (*h*) et se termine par un bourrelet S, dans lequel on introduit et où l'on maintient par une clavette la tige carrée *f* qui est en fer, et qui se termine aussi par une douille ; c'est dans cette douille que l'on fixe par une clavette le fleuret, qu'il faut remplacer fréquemment. Le fond arrière du cylindre est fermé par un bouchon en bronze taraudé, prolongé par une tige *i i'* faisant corps avec lui.

L'air comprimé est amené dans le cylindre percusseur A par un tuyau en cuivre C, indiqué sur le plan, et formé de deux bouts pénétrant l'un dans l'autre ; de la sorte, ce tuyau peut s'allonger à volonté et suivre le mouvement de progression de l'appareil percusseur. Il amène donc l'air comprimé au-dessus du tiroir F ; la figure suppose le piston au moment où commence sa course en avant ; l'air comprimé s'introduit derrière lui par la lumière *l*, mais il pénètre aussi en avant par la lumière *k* qui est toujours ouverte. En avant la pression ne s'exerce que sur une petite surface annulaire, en arrière elle s'exerce sur toute la section du cylindre ; le piston est donc poussé de la droite vers la gauche ; mais il viendrait frapper violemment contre le fond du cylindre, si on n'avait eu soin de faire déboucher la lumière *k* un peu en deçà du fond ; par suite de cette disposition, un peu d'air se trouve emprisonné dans l'espace annulaire, et s'y comprime assez pour annuler la force vive du piston. La course en avant est donc achevée ; à ce moment le tiroir avance de *k' k* et le recouvrement ferme la lumière *l*, tandis que la lumière *l'*, précédemment fermée, est mise en communication par l'intérieur du tiroir avec le conduit d'émission *m* ; à ce moment, la face de droite du piston est en rapport avec l'air extérieur, tandis que la partie annulaire est toujours en communication avec l'air comprimé ; la pression de gauche l'emporte sur celle de droite et le piston revient en arrière pour reprendre sa position initiale ; dès qu'il a dépassé la lumière *l'*, l'air confiné entre E et le fond se comprime et amortit la force vive de la masse, de manière à rendre un choc impossible.

A chaque oscillation double du piston percusseur, le fleuret, emmanché au bout de la tige *f*, est donc lancé avec force contre le rocher qu'il frappe et pulvérise, jusqu'à ce qu'il se soit creusé un trou jusqu'à l'extrémité de la course possible du piston. A ce moment, le fleuret ne travaille plus et il faut communiquer au mécanisme percusseur un certain mouvement de progression.

Il est indispensable, en outre, que le fleuret tourne d'une certaine quantité autour de son axe à chaque coup qu'il frappe.

Il y a donc trois mouvements à demander à l'appareil distributeur.

1° Mouvement de rotation de la tige *f* et du fleuret qu'elle porte.
2° Mouvement du tiroir.
3° Mouvement de progression de tout le système percusseur.

1° *Mouvement de rotation du fleuret.* Le système distributeur reçoit son impulsion d'une machine à air comprimé à double effet B, qui, par l'intermédiaire d'une bielle et d'une manivelle, actionne un arbre de couche horizontal, portant d'un côté un volant, de l'autre une roue dentée qui commande une seconde roue dentée, placée dans un plan transversal au châssis. Dans l'axe de cette dernière roue dentée est une tige carrée LL′, qui prend un mouvement de rotation uniforme et continu, d'autant plus rapide que l'on active davantage le mouvement de la machine B; à son extrémité L elle est portée par le palier P, et ce palier est, ainsi que la roue à rochet R (vue de face), compris entre les deux joues du manchon R′; la roue à rochet R est calée sur ce manchon, mais lui est traversé à frottement doux par la tige porte-outil *f*, de sorte qu'il ne participe pas au mouvement de va-et-vient de cette tige, mais qu'il peut néanmoins lui imprimer un mouvement de rotation. La tige L est terminée par un excentrique dont le collier porte un doigt N qui, à chaque tour de l'excentrique, fait avancer d'un cran la roue à rochet; celle-ci communique donc un petit mouvement de rotation à la tige porte-outil et par suite au fleuret. Un cliquet *n*, relié au doigt N par une lanière en caoutchouc, s'oppose à tout mouvement de recul de la roue à rochet.

2° *Mouvement du tiroir.* Le tiroir F est monté sur une tige *p* que termine un piston *q* en cuir embouti; comme le tiroir est toujours plein d'air comprimé, le piston *q* est toujours sollicité à se mouvoir et à entraîner le tiroir de gauche à droite, mais ce mouvement est contrarié par une tige qui se trouve sans cesse maintenue en contact avec la came M, calée sur la tige LL′; cette came présente un ressaut brusque qui correspond à l'oscillation *kk′* du tiroir. Si le mouvement de la machine régulatrice B s'accélère, il en est de même de la rotation de la came et des battements du tiroir, et le nombre des coups de fleuret sur la roche augmente dans la même proportion.

3° *Progression de l'appareil percusseur.* L'appareil percusseur est placé dans l'axe du cadre, et les côtés *ab*, *cd* de celui-ci sont filetés à l'intérieur comme s'ils faisaient partie de l'écrou de la vis Q; cette vis Q, placée derrière le cylindre percusseur, est traversée à frottement doux par la tige *ii′* qui prolonge ce cylindre; elle peut donc tourner indépendamment de la tige *ii′* et du cylindre; mais, en tournant elle avance dans son écrou fixe, c'est-à-dire dans le cadre, et elle pousse le cylindre, qui reçoit ainsi un mouvement lent de progression.

Après la vis Q, on voit un manchon Q′, traversé aussi à frottement doux par la tige *ii′* et non relié à la vis; sur ce manchon polygonal il y a une roue à rochet O′ et un autre manchon *q′*, lequel est susceptible de prendre sur le manchon polygonal Q′ un mouvement de translation; le manchon *q′* porte des dents saillantes faites pour pénétrer dans des cavités ménagées sur la face arrière de la vis Q; lorsque la pénétration a lieu, la rotation de la roue à rochet O′ se transmet au manchon polygonal Q′, qui la communique au manchon *q′* et par suite à la vis Q, solidaire de ce dernier. La vis, se mettant à tourner, avance dans son écrou fixe et pousse devant elle tout l'appareil percusseur; mais, ce mouvement de progression ne tarde pas à dégager les dents du manchon *q′*, la rotation de la roue à rochet n'est plus communiquée à la vis et celle-ci s'arrête. Mais voici ce qui se passe alors : les longs côtés *ab*, *cd* du cadre portent des espèces de crémaillères, sur lesquelles repose une fourche projetée en (*s*) et montée sur la tige T, que prolonge un petit piston U, engagé dans un cylindre traversant la paroi du tiroir : l'air comprimé de celui-ci pousse donc sans cesse la tige T et tend à appuyer la fourche sur les dents de la crémaillère. Mais il arrive un

moment où le fleuret a de nouveau creusé son trou d'une certaine profondeur, le piston percusseur parcourt sa course entière, et le bourrelet S vient alors soulever et dégager la fourche *s*; celle-ci, poussée en avant, entraîne la tige T et, avec elle, les ailes *vv'* en fer forgé (voir le plan) qui passent de chaque côté du cylindre, et qui relient la tige T et le manchon *q'*. Le manchon *q'* marche donc en avant et les dents qu'il porte viennent s'engager une seconde fois dans les cavités de la vis Q; celle-ci recommence à tourner et par suite à pousser en avant le cylindre percusseur.

On voit que la progression de celui-ci est intermittente; mais la course de la vis Q est limitée à $0^m,80$ et, quand le trou de mine est arrivé à cette profondeur, il faut s'arrêter ou remplacer le fleuret par un autre plus long.

Pour retirer rapidement le fleuret du trou, et le remplacer par un fleuret non émoussé ou par un fleuret plus long, voici comment on opère :

On arrête la machine B, on dégage le doigt O de la roue à rochet O', on soulève la fourche *s*, qui se trouve poussée en avant et qui tire avec elle le manchon *q'* ; celui-ci devient solidaire de la vis Q. On prend la roue X, mobile le long de la tige carrée LL', et on la pousse vers la gauche pour l'engrener avec la roue intermédiaire X', qui, elle, commande la roue Y calée sur le manchon Q'; celui-ci tourne donc et avec lui la vis Q, qui, tournant en sens contraire de celui qui résulte de l'impulsion de la roue à rochet, revient sur ses pas dans son écrou fixe, et, comme elle ne peut se mouvoir le long de la tige *ii'*, elle entraîne dans son mouvement de recul tout l'appareil percuteur.

Le poids d'un perforateur complet, sans le fleuret, est de 215 kilogrammes, et son prix de 2,000 francs; le poids de la masse percutante (piston, porte-outil et fleuret) est de 20 kilogrammes.

Le volume d'air nécessaire par coup de fleuret est de $1^l,555$, à la pression effective de 4,5 atmosphères, et il y a une perte d'un quart.

Il ne faut pas oublier de signaler un appendice indispensable de l'appareil : c'est un tuyau de petite section, sorte de lance à eau légèrement flexible, dans laquelle arrive de l'eau comprimée; le jet est dirigé constamment dans le trou de mine, au-dessus du fleuret; cette eau a pour fonction d'enlever les détritus au fur et à mesure qu'ils se forment et d'empêcher l'échauffement du fleuret, qui ne tarderait point à se détremper.

La lance d'injection est représentée en D sur la coupe transversale; elle est soutenue par des fourches métalliques fixées au châssis.

Nous reviendrons ultérieurement sur la quantité de travail que l'on peut obtenir du perforateur Sommeiller.

Affût en usage au mont Cenis. — La figure 2 de la planche III représente l'affût en usage au mont Cenis vers 1863.

C'est un chariot en fer dont les bâtis sont très-lourds, afin de résister aux chocs et aux vibrations perpétuelles ainsi qu'au mouvement de recul qui pourrait résulter de la réaction du rocher sur les fleurets. Dans ce chariot on distingue deux parties : l'affût proprement dit, qui porte un certain nombre de perforateurs, et le tender.

On voit en A une machine à air comprimé dont la bielle fait mouvoir deux roues dentées, la roue inférieure est calée sur un essieu du chariot; elle transmet à cet essieu son mouvement de rotation qui se transforme en une translation du chariot.

On voit en B une machine à air comprimé faisant mouvoir une pompe qui puise l'eau dans des puisards ménagés de distance en distance et la refoule dans un

réservoir C, qui lui-même communique avec la conduite d'air comprimé.

L'eau est chassée de ce réservoir C, placé au sommet du tender, dans un petit réservoir R′ que porte l'affût; de ce réservoir elle passe dans dix tuyaux en caoutchouc terminés chacun par un ajutage conique, d'où s'élance un jet qui vient frapper dans le trou de mine au-dessus du fleuret.

En R on voit le réservoir, ou clarinette à air comprimé, d'où partent dix tubes flexibles indépendants, alimentant chacun un perforateur.

Un perforateur repose sur deux barres horizontales O,O, soutenues elles-mêmes par des barres verticales à crémaillère D,E; il y a des agrafes métalliques G, H, qui permettent de fixer la machine sur les deux barres; cependant l'agrafe H permet un certain déplacement angulaire de l'appareil dans un plan horizontal; le déplacement dans un plan vertical s'obtient en mettant les barres O à des crans différents de la crémaillère, et si les deux barres d'un même perforateur ne se trouvent pas au même niveau, le fleuret prend une direction inclinée; sur un affût on installe une dizaine d'appareils qui peuvent prendre les uns par rapport aux autres une direction quelconque, du moins dans une certaine mesure.

C'est vraiment un spectacle merveilleux que cette machine de fer qui, à plusieurs kilomètres dans la montagne, au fond d'une galerie étroite où règne une atmosphère chaude et toute chargée de vapeurs, semblable à un monstre de la fable, frappe de ses dards infatigables et pulvérise les rochers les plus durs.

Les affûts que nous venons de décrire ont été perfectionnés dans ces derniers temps : aux supports verticaux à crémaillère on a substitué des vis verticales, et les barres O reposent sur des écrous mobiles le long de ces vis. De la sorte, on obtient d'une manière simple et progressive tel déplacement et telle inclinaison que l'on veut.

Fleurets du mont Cenis. On connaît le fleuret ordinaire dont nous avons donné la description : c'est une barre de fer ronde ou polygonale terminée par un biseau aciéré, plus ou moins tranchant. La largeur de ce biseau est plus grande que le diamètre de la barre, ce qui est necessaire pour que la barre descende librement dans le trou. Ce biseau aciéré s'appelle le diamant du fleuret et son excédant de largeur constitue les ailes.

Au mont Cenis, on commença par recourir à un fleuret ordinaire dont le diamant avait des ailes très-larges, afin de permettre facilement l'expulsion des détritus; mais, il y avait à ce fleuret ordinaire deux inconvénients : 1° son tranchant présentait trop peu d'étendue eu égard à la force impulsive de la machine, 2° les ailes s'usaient très-rapidement et on était forcé de changer fréquemment d'outil.

On eut l'idée d'abord de substituer, au diamant ordinaire à un seul tranchant (figure 8, planche I), un diamant à deux tranchants rectangulaires (figure 16); mais, avec celui-ci, l'expulsion des détritus se faisait mal; elle ne réussit pas mieux lorsqu'on adopta deux tranchants rapprochés faisant entre eux un angle aigu. On arrive au contraire à d'excellents résultats avec le diamant en forme de Z que représente la figure 17; il présente une grande surface, et ses ailes, recourbées en sens inverse de la rotation, ne s'usent que très-peu, ce qui constitue une énorme économie de temps et d'argent.

Les trous creusés avec ce fleuret ont un diamètre d'environ quatre centimètres.

Lorsqu'on voulait obtenir un trou plus large, on avait recours au fleuret à double diamant de la figure 18; le diamant étroit commençait le trou, qui se trouvait élargi par le diamant large.

Il va sans dire que ces diamants sont aciérés; cependant, avec les roches

dures, il faut éviter une trempe exagérée qui exposerait le diamant à se briser.

Lorsque le fleuret est émoussé, on le passe à la forge, on en refait le tranchant au marteau et à la lime et on le trempe.

La forme de diamant inaugurée au mont Cenis a toujours donné d'excellents résultats, et on la retrouve dans la plupart des perforateurs mécaniques.

Les fleurets doivent être très-résistants et parfaitement centrés ; pour réaliser cette condition, il faut les faire passer sur le tour.

L'assemblage du fleuret et de la tige du piston moteur doit être simple et inébranlable.

En principe, il y a pour chaque roche une forme de diamant qui convient mieux que les autres et qui donne un meilleur travail ; le diamant en Z étant reconnu comme le meilleur, il conviendra cependant de rechercher par l'expérience quelle est dans chaque cas la proportion la plus favorable à adopter pour les ailes.

Perforateur François et Dubois. — Le perforateur François et Dubois ressemble beaucoup à l'appareil Sommeiller, et en est un perfectionnement. C'est lui qui semble le plus convenable pour l'exécution des tunnels.

La partie la plus originale du mécanisme, c'est la distribution que représente la figure 3 de la planche I. Dans le cylindre C se meut le piston *p*, qui se prolonge en avant par la grosse tige cylindrique (*q*), traversant dans une boîte à étoupes le fond du cylindre ; c'est à l'extrémité de cette tige que s'emmanche le fleuret solidement maintenu par des clavettes. La tige *q* porte en dehors du cylindre un bourrelet annulaire *s* qui, à chaque oscillation du piston, vient soulever le ressort *r* et imprimer au levier coudé *rfr'* un mouvement oscillatoire autour du point *f*. La branche *r'* de ce levier vient alors appuyer sur l'extrémité du bouchon à ressort B ; celui-ci est momentanément repoussé et met en communication avec l'air extérieur la cavité U placée en avant du tiroir.

Le tiroir T est identique au tiroir simple de la machine à vapeur : il se meut dans une chambre où arrive l'air comprimé, et est guidé par une tige que terminent deux pistons *m* et *n*. Le diamètre du piston (*n*) est supérieur au diamètre du piston (*m*), et il est traversé suivant son axe par un conduit étroit qui met en communication la cavité U et la chambre du tiroir où arrive l'air comprimé.

Les lumières *a*, *b* servent à mettre en communication les deux faces du piston soit avec la chambre du tiroir, c'est-à-dire avec l'air comprimé, soit avec la cavité intérieure du tiroir et le conduit (*c*), c'est-à-dire avec l'air extérieur.

La figure représente le tiroir dans sa position initiale, la machine est au repos : on ouvre le robinet d'amenée de l'air comprimé, qui s'introduit alors dans la chambre du tiroir ; il agit sur les deux pistons *m* et *n*, mais l'effort exercé sur ce dernier l'emporte à cause de la plus grande surface et le tiroir est déplacé vers la gauche. Le recouvrement ne ferme plus l'orifice *b*, par où l'air comprimé pénètre dans le cylindre et vient agir sur le piston qu'il lance brusquement en avant avec la tige *q* et le fleuret.

Mais, pendant ce temps-là, l'air comprimé de la chambre du tiroir a traversé le conduit étroit *ll* et a rempli la cavité U : la pression sur les deux faces du piston (*n*) s'équilibre, tandis qu'elle reste bien plus considérable sur la face interne du piston (*m*) que sur sa surface externe : il en résulte une impulsion dirigée de droite à gauche, et le tiroir revient dans le même sens. La partie postérieure du piston *p* n'est plus soumise à l'action de l'air comprimé et même elle communique avec l'air extérieur, tandis que la partie antérieure qui, tout à l'heure, était en

rapport avec l'air extérieur, reçoit de l'air comprimé. Le piston *p* revient donc en arrière ainsi que la tige *q* et le bourrelet *s*; mais quand celui-ci rencontre le ressort, il le soulève, et le levier *rfr'*, tournant au tour du point *f*, vient presser le bouchon B et mettre la cavité U en communication avec l'atmosphère.

A ce moment, l'action de l'air comprimé est prédominante sur la face interne du petit piston (*n*), les phases successives de mouvement que nous venons de décrire se produisent à nouveau dans le même ordre et recommencent indéfiniment.

On pourrait objecter au système que l'air comprimé n'agit sur le piston moteur que pendant un temps très-court ; mais ce temps suffit bien pour lancer avec force en avant le piston, la tige qui le prolonge et le fleuret, et la longueur du parcours est de peu d'importance au point de vue de l'effet produit. Il est même avantageux que ce parcours puisse être réduit autant qu'on le veut, afin de multiplier les coups du fleuret sur la roche.

La rotation du fleuret est produite par une roue à rochet comme dans l'appareil Sommeiller, mais la tige carrée désignée par L dans ce dernier appareil reçoit un mouvement oscillatoire au moyen d'un balancier transversal qu'elle porte et dont les extrémités sont actionnées par les tiges de deux petits pistons mus par l'air comprimé. Ces deux pistons sont placés dans des cylindres verticaux, placés de chaque côté du cylindre moteur horizontal, et les prises d'air comprimé qui les alimentent sont ménagées en *x* et *z* sur le parcours des lumières *a*, *b*. Comme ces lumières communiquent alternativement avec l'air comprimé et avec l'atmosphère, il en est de même des deux petits cylindres verticaux, et l'un de leurs pistons monte pendant que l'autre descend ; il en résulte pour la tige L un mouvement oscillatoire qui, à l'autre extrémité, par l'intermédiaire de deux cliquets, se transforme en une rotation continue de la roue à rochet et par suite du fleuret.

Reste à produire le mouvement de progression de tout l'appareil : ce mouvement n'est pas automatique : l'ouvrier agit sur une manivelle qui, par deux roues coniques à angle droit, communique son mouvement de rotation à une vis fixe placée sous le châssis de l'appareil : cette vis traverse deux écrous, mobiles dans le sens de la longueur du châssis, et à ces écrous sont fixées les oreilles par lesquelles le perforateur repose sur le châssis. Il en résulte que les écrous s'avancent à la volonté de l'ouvrier et, avec eux, le perforateur et le fleuret.

L'ouvrier règle donc la course du fleuret suivant la dureté de la roche, et c'est un avantage qu'on n'obtiendrait pas avec un mécanisme automatique.

Cette description sommaire du perforateur Dubois et François suffit à faire comprendre combien cet appareil est simple, rustique et facile à manœuvrer. Il n'est pas sujet à dérangement et c'est une qualité importante dans dés travaux de la nature de ceux qui nous occupent.

Le diamètre du piston n'est que de $0^m,07$ et celui de la tige qui le prolonge de $0^m,05$; la pression de l'air comprimé est de 2,5 atmosphères et le fleuret bat de 100 à 150 coups à la minute ; dans le même temps il exécute 20 tours complets.

Le poids de l'appareil complet sans le fleuret est de 220 kilogrammes, et celui de la masse percutante est de 32 kilogrammes.

Le volume d'air dépensé par minute est de 245 litres, en comptant une perte d'un quart.

Le prix d'un perforateur complet, sans le fleuret, est de 1500 francs. Ces perforateurs sont construits à Seraing par la société Cockerill.

Perforateurs divers. — Les deux appareils précédents sont généralement considérés comme les meilleurs et comme les mieux appropriés au percement des tunnels. Il en existe beaucoup d'autres qui leur sont antérieurs ou postérieurs, qui sont destinés aux roches dures ou aux roches tendres et qui reçoivent leur impulsion de la vapeur, de l'air comprimé ou de l'eau. Il nous suffira d'en citer quelques-uns.

Quelques inventeurs ont imaginé de prolonger le piston de leur machine par une tige portant une sorte de masse qui venait frapper sur la tête d'un fleuret indépendant, auquel un ouvrier imprimait un mouvement de rotation. Mais ce système est évidemment vicieux : 1° parce qu'il exige l'emploi d'un ouvrier; 2° et surtout parce qu'il donne naissance à un choc intermédiaire inutile, consommant de la force vive et produisant de l'usure. Il est beaucoup plus rationnel et économique d'exercer le choc directement sur le rocher.

Le perforateur américain d'Herman Haupt est analogue à l'appareil Sommeiller, mais il est beaucoup plus léger ; une grande légèreté ne semble pourtant pas devoir être recherchée dans les appareils de ce genre, car elle est incompatible avec la solidité. L'ingénieur Haupt emprunte à la vapeur sa force motrice, mais il a soin de supprimer ce qu'on appelle l'avance à l'admission, qui consiste à laisser entrer la vapeur en avant du piston un peu avant qu'il ait achevé sa course; le mécanisme est disposé de telle sorte que l'admission a lieu seulement lorsque la course est achevée et que le fleuret a frappé sur la roche.

Le perforateur Beaumont, essayé en Angleterre, se compose d'une série de fleurets montés normalement à un disque animé d'un mouvement de va-et-vient et d'un mouvement de rotation que lui communique un moteur à air comprimé; la couronne de fleurets creuse dans le rocher une rainure circulaire. Un autre fleuret plus fort, placé au centre du disque, creuse un trou central; c'est le trou de mine, et l'explosion fait partir le cylindre que la rainure annulaire a séparé de la masse. Ce système compliqué ne paraît pas devoir donner de bien bons résultats.

Les perforateurs Sachs, usités en Allemagne, sont mus par l'air comprimé. L'un est à basse pression, et le mouvement de progression s'obtient par une manivelle et une vis comme dans l'appareil Dubois et François. Les systèmes de distribution et de rotation sont ingénieux mais assez délicats.

La course du piston est constante lorsqu'une fois l'appareil est réglé, et c'est un des avantages qu'on ne rencontrait pas dans les appareils Sommeiller et François.

L'autre perforateur Sachs est à haute pression, et par conséquent beaucoup plus léger, puisqu'il exige une masse moindre pour produire le même effet : tout y est automatique, même le mouvement de progression.

Les appareils Sachs sont, à force égale, moins encombrants, moitié moins chers que les appareils Sommeiller et Dubois; en revanche ils sont compliqués et peu solides, ils ont une course constante, tandis qu'avec les autres la course est variable et peut être allongée à mesure que la dureté du rocher augmente. Malgré leur avantage apparent, les perforateurs Sachs ne sauraient lutter avec les deux autres.

On trouvera la description complète des perforateurs que nous venons de citer et de quelques autres dans le Bulletin de la Société de l'industrie minérale, tome XIII, 1re livraison, 1868 (notice de MM. Ernest Javal et Jules Garnier) et tome II, 2me série, 1re livraison 1873 (notice de M. A. Pernolet).

Perforateur Leschot et la Roche-Tolay. Emploi du diamant noir. —

Dans notre Traité de l'exécution des travaux, nous avons signalé l'application qui a été faite du diamant noir à la taille et au polissage des pierres dures.

Le diamant noir se trouve au Brésil, près de Bahia; opaque et fortement coloré en noir, en vert ou en brun, il n'a pas de valeur en orfèvrerie, mais il possède néanmoins la structure cristalline et la dureté du diamant transparent.

M. Bigot Dumaine, qui s'occupait depuis longtemps de polir les pierres précieuses, eut l'idée, vers 1850, de recourir à des burins formés d'un diamant noir enchâssé dans un gaîne en métal; en montant sur un tour des pièces en granit, en porphyre ou en silex et leur présentant le burin au diamant noir, on enlève rapidement toutes les aspérités de la pierre, préalablement dégrossie à la pointerolle.

On obtient de la sorte des surfaces d'une grande netteté, et on réalise en outre un grand avantage, car, si le burin coûte cher, il ne s'use que d'une manière insensible.

M. Leschot eut l'idée d'appliquer le diamant noir à la perforation des roches, et c'est avec une bague ou cylindre qui porte six à huit diamants noirs qu'il creuse des trous de mine.

Il est évident qu'un outil de ce genre ne permet pas d'opérer par percussion, mais qu'il faut exercer une action continue; cette action continue s'obtient par un mouvement de rotation plus ou moins accéléré de la bague, mouvement combiné avec une pression plus ou moins forte.

A l'origine, on avait cherché à obtenir une pression et un mouvement de progression constants; mais ces conditions ne peuvent évidemment s'appliquer qu'à une roche parfaitement homogène, et il est bien rare d'en rencontrer.

M. de la Roche-Tolay, ingénieur des ponts et chaussées, eut l'idée d'obtenir la pression continue au moyen de l'eau comprimée agissant sur un piston dont la tige est prolongée par le fleuret qui reçoit un mouvement de rotation indépendant du piston. Ce mouvement de rotation est d'autant plus vif que l'on veut avancer plus rapidement, et, à mesure que la profondeur du trou de mine augmente, l'eau comprimée, agissant comme un ressort à tension constante, appuie la bague en diamants sur la roche toujours avec la même énergie.

L'appareil qui communique au fleuret son mouvement de rotation est le moteur à air comprimé de M. Perret, moteur dont nous avons donné une description sommaire dans notre Traité des machines.

Le perforateur de M. de la Roche Tolay fonctionnait avec succès dans la grande galerie à l'Exposition universelle de 1867.

La description en a été donnée dans les notices réunies par le ministère des travaux publics : voici cette description, que nous avons complétée en y joignant les figures 2, 3, 4 de la planche III qui représentent le perforateur en plan, coupe et élévation :

Les appareils de perforation mécanique exposés par la Compagnie des chemins de fer de Midi sont spécialement destinés au forage des trous de mine pour la construction des galeries d'avancement de souterrains creusés dans le rocher.

Ces appareils se composent :

1° D'une machine à forer à rotation continue à pression directe, munie de son moteur;

2° D'un chariot destiné à porter plusieurs de ces machines dans le cas d'une percée souterraine.

Machine à forer. La machine à forer se compose d'un arbre hexagonal en acier

fondu (*a b*) de $1^m,450$ de longueur, percé d'un bout à l'autre d'un trou de $0^m,016$ de diamètre.

Cet arbre reçoit à l'une de ses extrémités des outils de différentes formes, suivant la nature de la roche à percer.

On peut, par exemple, employer la bague Leschot (*b*), garnie de diamants noirs disposés en couronne, soit un foret formé d'un cylindre en fer sur l'une des bases duquel sont sertis un certain nombre de morceaux de matières dures, soit enfin des mèches ou fraises en acier de diverses formes pour les pierres tendres et les métaux.

L'autre extrémité de l'arbre porte un piston en bronze (*c*) de $0^m,110$ de diamètre sur lequel vient s'exercer la pression nécessaire à la propulsion du foret. Cette pression est obtenue au moyen d'une chute d'eau ou d'une pompe foulante avec accumulateur et réservoir d'air.

Dans la machine à forer dont il s'agit, la pression peut varier de 0 à 12 atmosphères, ce qui donne sur le foret une charge maximum de 1124 kilogrammes environ.

Il suffit en pratique, pour les roches les plus dures, d'une pression de 700 kilogrammes.

L'eau qui sert à donner la pression au piston propulseur est amenée par un petit tuyau en caoutchouc (*d*), à l'extrémité duquel est monté un robinet à deux eaux (*e*), qui permet de faire varier la pression à volonté, d'après le théorème de Daniel Bernoulli.

Pour retirer le tube perforateur, lorsqu'un trou est percé, on interrompt, au moyen du robinet à deux eaux, l'introduction de l'eau dans le cylindre propulseur, et l'on dirige le jet sur la face antérieure du piston, en permettant en même temps la vidange du cylindre; de cette façon, le retour du tube se fait avec la plus grande facilité.

L'arbre perforateur est monté à l'intérieur d'un bâti en bronze (*ff*) parfaitement alésé sur $1^m,140$ de longueur, dans lequel peut se mouvoir le piston propulseur. On peut ainsi percer des trous de $0^m,90$ à 1 mètre de profondeur et d'un diamètre de $0^m,035$ à $0^m,060$.

L'eau comprimée, qui agit en arrière du piston, le traverse par un orifice étroit et contourné et arrive à l'intérieur de l'arbre hexagonal, qu'elle parcourt dans toute sa longueur et d'où elle s'échappe en passant entre les diamants noirs pour entraîner au dehors du trou les poussières résultant de la désagrégation du rocher.

L'arbre portant le foret traverse une douille en fer (*g*), prise entre deux coussinets disposés à l'avant du bâti. La douille est munie d'un petit pignon conique (*h*), auquel un arbre incliné (*i*) donne le mouvement par l'intermédiaire d'une roue en bronze (*k*), calée sur l'arbre du moteur. Telle est, en quelques mots, la description de la machine à forer.

Moteur. Le moteur se compose d'un cylindre horizontal en bronze (*m*) boulonné sur le bâti du perforateur.

Ce cylindre porte à sa partie supérieure une tubulure coudée (*l*), à laquelle vient s'adapter un tuyau en caoutchouc destiné à amener l'eau motrice.

Dans ce cylindre est disposé un tube en bronze (*n*), auquel nous donnons le nom de régulateur, alésé et tourné avec le plus grand soin, et percé de lumières pratiquées à ses extrémités.

Il reçoit un mouvement de va-et-vient qui lui est donné par un excentrique (*p*), venu d'une seule pièce avec l'arbre moteur.

Deux boîtes (*q*), garnies de segments en bronze, poussés par des ressorts en acier, maintiennent le régulateur rigoureusement dans l'axe du cylindre intérieur qui lui sert d'enveloppe. Ces segments ont pour effet d'empêcher le passage de l'eau autour du régulateur pendant le mouvement de translation longitudinale de celui-ci.

Dans l'intérieur du régulateur se meut un piston (*r*) de $0^m,055$ de diamètre, garni de cuirs emboutis, sur les deux faces duquel l'eau motrice vient alternativement exercer sa pression ; le mouvement de va-et-vient a une course de $0^m,120$; une bielle le transforme en mouvement de rotation continu en agissant sur un arbre coudé.

L'eau, après avoir exercé sa pression sur le piston, s'échappe par deux tuyaux disposés à l'arrière et de chaque côté du cylindre moteur.

Deux volants (*s*), montés sur les extrémités de l'arbre coudé, régularisent le mouvement.

Chariot ou affût portant les machines à forer. Les travaux d'excavation d'un souterrain peuvent nécessiter l'emploi de plusieurs machines à forer, lesquelles doivent au besoin fonctionner simultanément.

Pour remplir ce but, un chariot ou affût a été étudié. Ce chariot se compose de deux flasques en tôle et cornières maintenues d'écartement par des entretoises fixées haut et bas auxdites flasques.

Ce bâti est muni de deux paires de roues qui reposent sur des rails. Chaque flasque porte à l'avant deux vis verticales autour desquelles se meuvent quatre écrous. Ces écrous supportent deux à deux des traverses en fer, qui peuvent monter et descendre le long des vis en conservant un parallélisme rigoureux.

Ce mouvement est obtenu par une douille en fonte en deux pièces, qui enveloppe les traverses. Cette douille porte une roue conique à chacune de ses extrémités, laquelle engrène avec une roue d'égal diamètre faisant corps avec les écrous.

On conçoit, d'après cette disposition, qu'il suffit d'imprimer à la douille un mouvement de rotation, au moyen d'un levier à rochet, pour amener la traverse à la hauteur convenable.

Deux cadres en fonte reposent chacun sur une des traverses. Ces cadres portent à l'arrière deux barres fixées aux montants du chariot par une chape et un boulon, et au cadre lui-même par une douille et deux écrous.

Les deux traverses sont indépendantes l'une de l'autre, et l'on peut, par conséquent, monter et descendre chaque cadre isolément ; de plus, le cadre peut prendre autour de la traverse une inclinaison qui varie de 0° à 40° environ.

Chaque cadre peut recevoir quatre machines à forer. Ces machines se fixent sur les cadres par quatre crampons à vis ; elles peuvent ainsi, dans le plan de chaque cadre, prendre la direction reconnue convenable pour les trous de mine.

Des tuyaux en caoutchouc amènent l'eau au moteur. D'autres tuyaux servent à l'évacuation du liquide à la sortie du cylindre moteur. Huit robinets-clapets, munis chacun d'un volant, sont fixés sur l'un des bras du bâti. Ils servent à régler l'introduction de l'eau dans les cylindres des moteurs.

Un réservoir d'air, placé à l'arrière du bâti et au milieu d'un tuyau transversal en fonte, est destiné à amortir les chocs qui pourraient se produire dans les conduits, par la variation de vitesse de l'eau motrice.

Ce tuyau transversal est relié à la conduite principale qui amène l'eau sous pression à l'arrière du bâti, par un tuyau en caoutchouc.

Ce tuyau en caoutchouc permet au chariot d'avancer ou de reculer de quelques mètres, sans qu'il soit nécessaire d'allonger ou de raccourcir la conduite principale.

Enfin, le chariot est muni de quatre vis de calage, qui ont pour but de le maintenir en place, malgré les efforts qui s'exercent sur chacune des machines à forer.

Les deux vis de l'extrémité font en même temps disparaître le porte-à-faux du bâti.

L'objet de l'exposition est la mise en expérimentation de la machine à forer, sur des blocs choisis parmi les plus durs, dans divers souterrains en cours d'exécution et sur divers autres blocs minéraux, provenant des carrières les plus résistantes.

Les expériences faites avant l'emploi de la machine, avec application de la bague annulaire, système Leschot, ont semblé établir qu'une dépense de 75 litres d'eau à huit atmosphères, produit cent tours de foret qui réalisent les résultats suivants :

Micaschistes anciens, souterrain de Port-Vendres, quand on trouve peu de quartz, $0^m,030$;

Les mêmes, quand il se trouve de fortes veines de quartz, de $0^m,010$ à $0^m,015$;

Quartz pur provenant du déblai du souterrain du mont Cenis, $0^m,014$;

Dans un calcaire dolomitique très-dur, susceptible de poli, provenant du souterrain de Cantegals sur la ligne de Montpellier à Rodez, $0^m,020$;

Avec la pression de huit atmosphères, on peut conduire la machine à 250 tours par minute.

Dans ces conditions, on obtient donc les résultats suivants :

Micaschistes anciens, souterrain de Port-Vendres, quand on trouve peu de quartz, $0^m,075$;

Les mêmes, quand il se trouve de fortes veines de quartz compacte, de $0^m,025$ à $0^m,031$;

Quartz pur provenant des déblais du souterrain du mont Cenis, parfaitement régulier, $0^m,035$;

Dans le calcaire dolomitique très-dur du souterrain de Cantegals, $0^m,050$.

Il résulte de l'ensemble des calculs et des expériences que nous avons faits et qui sont consignés dans divers rapports à la Compagnie, qu'au moyen de notre système de machine à forer et en employant les bagues Leschot, qui paraissent donner les meilleurs résultats dans le plus grand nombre de roches, on peut, sans tenir compte des frais d'installation, évaluer à 1 fr. 50 le prix d'un mètre courant de trou de mine qui, avec les moyens ordinaires, revient à 6 francs.

Il en résulte également qu'avec l'emploi du chariot, un avancement de 10 mètres par mois en petite galerie, peut être porté facilement à 40 mètres.

Enfin, ces deux avantages peuvent être obtenus avec une diminution sur la dépense générale.

Il n'est pas permis, en l'absence d'une expérience complète, d'être affirmatif et précis sur ce dernier point ; néanmoins, on peut dire qu'il résulte de l'ensemble des renseignements qu'il a été possible de recueillir aujourd'hui, que l'application de notre méthode semble devoir donner, dans le cas où l'eau doi être élevée artificiellement, une économie de 15 p. 100 sur le prix de la galerie d'avancement.

Si l'on avait l'eau élevée naturellement, cette économie serait au moins de 40 p. 100.

Avantages économiques des perforateurs mécaniques. — Les perforateurs mécaniques n'ont pas seulement pour effet d'affranchir le mineur d'un travail fort pénible, ils réalisent en outre de notables économies de temps et d'argent.

Nous verrons plus loin le parti qu'on en a tiré au mont Cenis; mais nous allons indiquer dès maintenant quelques résultats obtenus avec divers appareils.

Dans les bancs de dureté ordinaire, le perforateur O' Bergstrom, employé en Suède, a fourni un avancement de un pied par jour, avec une économie de 20 à 25 p. 100 sur les anciennes méthodes, la nitroglycérine étant substituée à la poudre ordinaire.

Aux États-Unis, le prix du mètre cube de déblai a été réduit de moitié par la machine Haupt, et, dans le même temps, on a obtenu quatre fois plus de travail. Il est vrai que cette machine n'est guère applicable qu'aux grandes sections.

En général, les perforateurs donnent une économie sensible de fleurets; ceux-ci sont dans de meilleures conditions, car ils sont lancés contre la roche avec plus de vigueur, agissent plus efficacement et se déforment moins vite. On peut réaliser aussi une certaine économie de poudre, parce que les perforateurs permettent de creuser des trous de mine dans des directions inaccessibles aux ouvriers.

L'appareil Dœring produisait une économie de 75 p. 100, avec un avancement triple dans le même temps. En une minute, on creusait un trou de $0^m,034$ de profondeur dans la dolomite dure, de $0^m,04$ à $0^m,05$ dans le granit dur et de $0^m,08$ dans le calcaire de Portland.

Dans des grès siliceux, l'appareil à tarière, manœuvré à la main, du système Lisbeth, a donné une dépense totale de 7 fr. 85 par mètre cube, alors qu'avec l'ancien système on dépensait 11 fr. 88.

Le perforateur de la Roche-Tolay réduit, comme nous l'avons vu de 1,50 à 6 francs le prix du mètre courant de trou de mine. Mais la bague Leschot, qui coûte 175 francs, doit être remplacée quand elle a percé 200 mètres de trou, et alors elle se revend 100 francs; l'appareil complet coûte 2,500 francs. Il faut tenir compte de l'amortissement et du prix croissant du diamant noir, ce qui réduit sensiblement les avantages de l'appareil.

L'emploi de l'eau comprimée est surtout avantageux lorsqu'on dispose, près des têtes de tunnel, d'une chute d'eau puissante : cette circonstance se rencontre assez souvent en pays de montagne. On conçoit que les avantages du système iraient bien vite en décroissant, s'il fallait recourir à une machine à vapeur pour comprimer l'eau en dehors du tunnel.

Les perforateurs dont on s'est servi en Allemagne, pour creuser les puits de mine, ont produit partout une économie d'argent et surtout une économie d'hommes et de temps.

L'emploi des perforateurs mécaniques, mus par l'air ou par l'eau comprimés, doit donc être recommandé et généralisé; en le combinant avec l'emploi de la dynamite et des mines simultanées, on arrivera certainement à percer en peu de temps et à peu de frais des tunnels d'une grande longueur. On pourra même songer à l'exécution de souterrains qu'il serait insensé d'entreprendre avec les anciennes méthodes.

CHAPITRE II

GÉNÉRALITÉS SUR L'EXÉCUTION DES TUNNELS. — DES DIVERSES MÉTHODES. — PUITS. — EXTRACTION. — BOISAGE ET MURAILLEMENT.

CAS OU UN TUNNEL EST NÉCESSAIRE.

La construction des tunnels n'a pris naissance que lorsqu'on a senti le besoin de recourir à des voies de communication perfectionnées : routes, canaux, chemins de fer.

Dans les pays accidentés, les routes ont souvent à franchir des montagnes élevées ; la plupart du temps, il est possible de développer le tracé sur les flancs de la montagne et d'arriver à un col, après une série de rampes et de lacets ; mais il arrive quelquefois que cette méthode devient impraticable et conduit à adopter des pentes trop fortes et des courbes de trop faible rayon : en même temps, la dépense devient considérable à cause de l'importance des déblais, des remblais et des murs de soutènement. On trouve alors un avantage marqué, sous tous les rapports, à se creuser un chemin à travers la montagne, à la franchir en souterrain avec une pente faible et autant que possible en ligne droite.

Sans doute, une pareille solution offre des inconvénients à la circulation des piétons et des véhicules, lorsque la longueur du souterrain dépasse une certaine limite : on y remédie par un éclairage continu, et quelques lampes à réflecteurs suffisent à éclairer le passage.

Dans les vallées profondes et encaissées, comme celles que parcourent les torrents, les routes tracées à flanc de coteau exigeraient souvent des déblais et, par suite, des dépenses bien supérieures à celles que demande la construction d'un tunnel. Quelquefois même on rencontre des contre-forts aigus, qu'il est presque impossible de contourner et qu'il faut percer ; cependant cette circonstance se présente plus fréquemment pour les chemins de fer que pour les routes ordinaires.

Il arrive encore qu'une voie de communication passe dans une ville en contre-bas du sol des rues, et qu'on est forcé d'adopter des souterrains pour ménager les propriétés existantes et éviter des expropriations coûteuses.

Si les tunnels sont quelquefois nécessaires pour des routes ordinaires, ils le sont très-souvent pour les chemins de fer et les canaux, qui n'admettent que des pentes faibles et des courbes à grand rayon.

La construction des chemins de fer a donné lieu à l'établissement de nom-

breux souterrains, travaux remarquables dont la longueur a bien des fois dépassé plusieurs kilomètres.

Quel est le point de transition entre la tranchée à ciel ouvert et le tunnel? Pour quelle profondeur l'un devient-il préférable à l'autre? On ne peut faire à cette question de réponse précise. Cela dépend de la nature des terrains.

Soit p le prix moyen du mètre cube de déblai à ciel ouvert, h la profondeur de la tranchée, t la pente des talus, l la largeur de la plate-forme, P le prix d'un mètre courant de tunnel dans le terrain dont il s'agit; le cube de la tranchée par mètre courant est

$$lh + h^2t,$$

et il sera indifférent d'adopter une tranchée ou un tunuel, lorsqu'on aura l'égalité

$$ph(l + ht) = P$$

Exemple : Soit une plate-forme de 10 mètres et un talus de 45°, dans un terrain où le déblai d'un mètre cube coûte en moyenne 2 francs, le mètre courant de tunnel coûtant 1,200 francs, on aura l'équation

$$2h(10 + h) = 1200,$$

dont la racine positive, la seule qui convienne à la question, est $h = 20$.

Ainsi, au delà de 20 mètres de profondeur, il sera avantageux d'exécuter un tunnel.

Si le prix moyen du déblai atteignait 4 ou 5 francs, c'est-à-dire s'il s'agissait de rocher, la profondeur au delà de laquelle on devrait préférer le tunnel serait encore moindre; mais, il faut remarquer que dans ce cas, on peut réduire la largeur de plate-forme et rapprocher considérablement les talus de la verticale, ce qui rend la tranchée plus longtemps avantageuse.

Aussi est-il bien rare qu'on adopte un tunnel avant d'atteindre une profondeur d'au moins 15 à 20 mètres.

Un souterrain présente toujours de grands inconvénients, qui ne peuvent être compensés que par une économie notable.

DIVERSES MÉTHODES D'EXÉCUTION DES TUNNELS

Nous donnerons plus loin quelques exemples qui feront nettement comprendre dans tous leurs détails les méthodes de construction des souterrains, mais il convient d'abord de les exposer d'une manière générale.

On ne distingue que deux méthodes principales de construction des souterrains :

1° La méthode belge, ou par sections divisées;

2° La méthode anglaise, ou par section entière.

1° **Méthode belge.** — Dans un terrain de bonne consistance, voici en général comment on applique la méthode belge : figure 1, planche IV.

On commence par percer au sommet de la voûte une galerie de mine 1, qui descend jusqu'aux naissances ou au moins jusqu'à un niveau inférieur au joint

de rupture; cette galerie de mine a de 2m,50 à 3 mètres de large et une hauteur de 3 à 4 mètres, elle est blindée, et les parois en sont soutenues par des boisages plus ou moins rapprochés, suivant la nature du sol; il est bien rare qu'on puisse laisser les parois complétement à nu. Cette galerie de mine ou galerie d'avancement est la partie la plus difficile à exécuter, elle fera plus loin l'objet d'une description spéciale.

Lorsque le terrain est très-difficile, on tend à réduire les dimensions de la galerie d'avancement; mais ce n'est pas toujours un avantage, car l'extraction des déblais se fait mal et les ouvriers, gênés, fournissent moins de travail.

A quelques mètres en arrière de l'avancement, on élargit en enlevant les parties latérales 2 jusqu'aux naissances de la voûte; ces parties sont bien plus faciles à déblayer, puisqu'elles sont libres sur deux faces et que la mine agit plus efficacement; on peut, du reste, y placer un plus grand nombre d'ouvriers, et on est plus à l'aise aussi pour le transport des déblais.

Un peu en arrière de l'élargissement 2, on enlève le noyau central 3 de la masse inférieure, ce qu'on appelle le stross, et dans la cavité ainsi formée on place une voie ferrée plus ou moins large qui livre passage aux wagons ou wagonnets chargés d'emporter au dehors les produits de l'extraction.

Restent donc les parties latérales 4 qui disparaissent ensuite et qu'on déblaye en exécutant des tranchées latérales.

La voûte est construite dans l'élargissement 2, et on en soutient les retombées au moyen de coins fortement serrés contre le sol; les pieds-droits sont construits par petites portions seulement lorsqu'on enlève les parties 4. Les pieds-droits ne sont donc construits qu'après la voûte.

La figure 2 de la planche IV représente une variante de la méthode belge, qui a été usitée quelquefois.

On exécute d'abord la galerie d'avancement 1, puis l'abatage en grand 2,2 qui se fait par un chantier suivant à quelques mètres en arrière le chantier d'avancement : on boise et on étaye l'excavation ainsi formée en prenant des points d'appui sur le stross 4; on creuse les parties latérales 3 et on en soutient les parois au moyen de bois et d'étais prenant aussi leur appui sur le stross. Cela fait, on peut maçonner en une seule fois la voûte et ses pieds-droits en commençant par ceux-ci et c'est évidemment un avantage.

Le stross est enlevé quand la voûte est construite; ce stross doit être assez résistant pour supporter la poussée que lui transmettent les étais et les cintres.

Ce système, qui, au point de vue de l'exécution de la maçonnerie, présente sur la méthode primitive un avantage certain, est moins favorable sous d'autres rapports : ainsi, il faut élever sur le stross non-seulement les déblais des parties 3, mais encore les eaux d'infiltration qui y arrivent.

Nous devons signaler encore la modification suivante de la méthode belge, modification applicable au cas où l'on traverse un rocher assez résistant et médiocrement altérable à l'air : on creuse la galerie d'avancement 1, on élargit en éventail par l'abatage en grand 2,2; on exécute la voûte jusqu'au-dessous de son joint de rupture, et les retombées de cette voûte sont reçues sur des plans inclinés ménagés dans le rocher. Puis on enlève en grand la partie inférieure, en ménageant par exemple deux étages 3 et 4 qui se suivent à quelques mètres de distance : on dresse convenablement les parois latérales, qu'on laisse à l'état naturel sans revêtement. (Fig. 3.)

Cette disposition économique est encore assez fréquemment possible; mais celle qui consiste à se passer tout à fait de voûte n'est guère admissible, parce

que les parties de roches voisines des parois sont toujours ébranlées par les coups de mine, et il est bien rare que quelques blocs ne tendent pas à se détacher. En outre les roches les plus dures sont souvent altérables à l'air et à l'humidité et s'écroulent après avoir résisté quelque temps.

Le système belge convient bien pour les roches dures et pour les terrains consistants, dont les parois n'ont pas besoin d'être maçonnées ou qui ne comportent qu'une voûte avec ses pieds-droits sans radier.

Mais imaginez un terrain mobile et fluant, il exercera derrière les pieds-droits une poussée considérable qui tendra à les rapprocher et, en même temps, le sol inférieur que rien ne retient remontera dans l'excavation.

Il faut alors recourir à un radier en forme de voûte renversée, qui s'oppose au rapprochement des pieds-droits ; avec la méthode belge, ce radier ne pourrait s'exécuter que lorsque toute l'excavation serait déblayée et la voûte construite avec ses pieds-droits, et à ce moment le mal serait déjà fait.

Les terrains de cette nature molle et fluente se rencontrent souvent en Angleterre, où l'on s'est vu forcé d'opérer par section entière et de construire à la fois la voûte, ses pieds-droits et son radier.

La section intérieure du tunnel est alors une courbe ovale plus ou moins régulière, plus ou moins voisine de l'ellipse. Quelquefois même on a eu recours à de simples sections circulaires, qui résistent bien à toutes les poussées extérieures.

2° Méthode anglaise. — La méthode anglaise, dont la principale application a été faite à la construction du tunnel sous la Tamise, a pour but d'attaquer le tunnel sous la section entière ; la maçonnerie suit de très-près le déblai et l'on n'a qu'un chantier condensé au lieu de la série de chantiers étagés qu'offre la méthode belge.

La méthode anglaise se comprendra facilement à l'examen des figures 4 à 7 de la planche IV, dessinées d'après celles que l'on trouve dans le traité de Rzika.

La voûte complète avec ses pieds-droits et son radier étant poussée jusqu'en AA, figure 5, et encore posée sur cintre, on a déblayé en avant à pleine section sur une certaine longueur et les parois de l'excavation sont maintenues par un boisage qu'il convient de décrire d'abord :

La galerie d'avancement est ouverte à la partie basse de la section et elle descend jusqu'au niveau inférieur de la maçonnerie du radier ; elle est de quelques mètres en avance sur la section de l'abatage en grand et les terres qui l'environnent sont contre-butées par un boisage s'appuyant sur des cadres trapézoïdaux plus ou moins espacés.

Si l'on considère maintenant le déblai à pleine section, les terres en sont maintenues par un boisage continu dans lequel on distingue deux parties :

1° Le bouclier qui s'appuie contre les terres à enlever dans le prolongement du tunnel ;

2° Le boisage latéral, contre lequel on établira tout à l'heure la voûte et ses pieds-droits.

Le bouclier se compose d'une ossature en charpente appuyant contre les terres un plancher continu en madriers jointifs ou posés à recouvrements ; les pièces principales de l'ossature sont de très-fortes pièces horizontales BB, placées à des hauteurs différentes, formées de deux morceaux assemblés à trait de Jupiter et pénétrant par leurs extrémités dans le terrain latéral. Sur ces pièces horizontales s'assemblent des poteaux verticaux, ou rondins de fort diamètre,

qui soutiennent le plancher vertical et qui transmettent la poussée des terres aux semelles BB.

Celles-ci sont maintenues à leurs extrémités par le terrain dans lequel elles sont engagées, mais en outre elles sont contre-butées vers leur partie médiane par des contre-fiches CC, DD, qui trouvent un solide point d'appui sur la maçonnerie de la partie de radier déjà faite.

Dans le cas qui nous occupe, le bouclier se trouve divisé en trois étages susceptibles d'être démolis et déplacés indépendamment les uns des autres.

Le boisage latéral des parois de l'excavation est formé d'un plancher en madriers, placés suivant la section droite du tunnel, et soutenus par des rondins horizontaux, plus ou moins espacés suivant l'intensité des poussées qui sont susceptibles de se manifester. Ces rondins s'appuient d'un bout sur le bouclier, dont ils enveloppent le profil en pénétrant dans les terres que ce bouclier soutient; de l'autre bout, ils sont engagés sur la maçonnerie de la voûte et derrière celle des pieds-droits et sont séparés de la maçonnerie de la voûte par des coins comme le montre la figure 6, de sorte qu'on peut assez facilement les dégager.

Les choses étant en l'état représenté par les coupes transversale et longitudinale, figures 4 et 5, il s'agit d'exécuter la maçonnerie dans l'excavation pour déblayer ensuite une nouvelle portée.

On fixe sur le bouclier le gabarit *mnpq*, dont on vérifie avec soin l'emplacement de manière à ce qu'il se trouve exactement dans l'axe de la partie déjà faite, puis on établit la maçonnerie du radier et des pieds-droits; sur cette maçonnerie, on installe les supports des cintres que l'on déplace, et l'on monte les cintres eux-mêmes, puis on construit la voûte en allant de la partie déjà faite vers le bouclier.

Lorsque la voûte touche presque le bouclier, on s'arrête et on recommence à déblayer une nouvelle portée de la manière suivante : on enlève les poteaux verticaux et le plancher de la partie centrale de l'étage supérieur du bouclier, en agrandissant progressivement l'orifice, on enlève le terrain placé derrière, et on le jette du haut en bas sur le radier. La figure 7 fait comprendre cette opération; dès que le déblai est arrivé à la profondeur voulue, les ouvriers décoincent les rondins des parties latérales, placés sur la voûte, et les font avancer d'une quantité égale à la portée; ils garnissent le fond de la fouille avec des madriers qu'ils soutiennent par des poteaux verticaux et par une semelle B. Au fur et à mesure qu'on enlève les rondins et les bois qui surmontaient la partie de voûte construite, on bouche le vide avec des déblais provenant de la fouille, de manière à ne point laisser de cavité qui pourrait déterminer un éboulement brusque et un choc funeste. D'une manière générale, il faut éviter de laisser derrière les maçonneries des bois d'un certain volume, car, outre qu'ils sont perdus, ils peuvent se consommer et former ultérieurement des cavités.

Lorsque l'étage supérieur du bouclier a été transporté parallèlement à lui-même à la distance voulue, on procède pour le second étage comme pour le précédent; on place d'autres étais C avec la semelle correspondante.

Lorsque le second étage est achevé, on transporte enfin parallèlement à lui-même l'étage inférieur.

Pendant ce temps, on a prolongé aussi la galerie d'avancement. On se trouve alors revenu à la position représentée par les figures 4 et 5; on maçonne une nouvelle portée de voûte et ainsi de suite indéfiniment.

Dans les terrains très-difficiles, tels que la vase qu'on trouve sous la Tamise,

on ne pouvait déplacer le bouclier que de quantités très-petites à chaque fois, et on ne construisait qu'un anneau de voûte de la longueur d'une brique.

La méthode anglaise a bien des avantages et convient aux terrains mous ou prédisposés à l'éboulement : les déblais sont lancés de haut en bas, c'est-à-dire sans efforts et peuvent être reçus dans des wagons qui les emmènent rapidement : de même, les eaux d'infiltration se réunissent au bas de la section et il est facile de leur ménager un écoulement dans un canal maçonné; le chantier est vaste et de surveillance facile; les terrains sont revêtus dès qu'ils sont mis à jour et ne se dégradent pas; la maçonnerie est exécutée sans difficulté sur toute la section, et on commence par le radier, de sorte qu'il n'y a rien à craindre des effets de la poussée; la quantité de bois est en somme peu considérable et peut être réemployée pendant toute la durée du travail.

Mais, d'un autre côté, l'avancement est moins rapide qu'avec la méthode belge; les maçons et les mineurs, serrés dans un étroit espace, se gênent mutuellement et produisent moins de travail, ce qui augmente la dépense. Enfin, lorsque la section est de grande dimension, il devient difficile de manœuvrer le bouclier et de lui donner une section suffisante.

Système autrichien. De même que l'on a modifié le système belge en conservant le stross central sur lequel viennent s'appuyer les étais qui soutiennent les parois de l'excavation (système que l'on appelle quelquefois système français), de même on a modifié le système anglais en fractionnant le bouclier en plusieurs parties placées dans des sections transversales différentes. On a eu surtout en vue de diminuer la difficulté qu'on rencontre à étayer un vaste bouclier, et on a constitué ce qu'on appelle d'ordinaire le système autrichien.

On commence par creuser une galerie de mine ordinaire 1, figure 1, planche V, dont on boise les parois latérales suivant la méthode ordinaire, et dont on soutient la paroi verticale du fond par un boisage, si on en reconnaît la nécessité.

Un peu en arrière, on approfondit cette première galerie en exécutant la galerie n° 2 boisée aussi et susceptible d'être protégée par un petit bouclier de fond.

A la suite on creuse la galerie 3, dont les poteaux supportent les semelles des galeries supérieures; puis on élargit l'étage supérieur en déblayant les parties 4 dont les étais viennent prendre leur appui sur les cadres des galeries 1,2; on passe ensuite à l'exécution des parties latérales 5 de l'étage inférieur, et la section se trouve complétée.

Quelquefois on réunit les deux galeries 1,2, ou bien encore on commence par la galerie basse 3 et on passe ensuite à la galerie supérieure.

Quoi qu'il en soit, on a ainsi obtenu la section totale qui, avec sa charpente, présente l'apparence indiquée par la figure 2, planche V. On voit comment les bois des diverses parties se contre-butent mutuellement, sans qu'il soit besoin de recourir aux longs étais destinés à soutenir un bouclier unique. Celui-ci se trouve réparti en un certain nombre de boucliers élémentaires dont on pourra presque toujours se passer si le terrain présente quelque résistance.

Toutes les galeries avancent progressivement et doivent se maintenir à une distance constante; la construction de la voûte avec pieds-droits et radier se fait en une seule fois comme dans la méthode anglaise, et les cintres se meuvent parallèlement à eux-mêmes; les ateliers sont multiples et l'on obtient un meilleur rendement en travail.

Il est vrai qu'il faut plus de bois que dans la méthode anglaise, mais les mêmes bois servent plusieurs fois et en somme ce n'est pas une grosse dépense; il y a

des transports supplémentaires de matériaux dans des sections étroites, et c'est encore là un léger accroissement de dépense.

Néanmoins, dans un terrain ordinaire, la méthode autrichienne paraît préférable à la méthode anglaise et nous pensons qu'elle doit être recommandée. Elle réunit les avantages de la méthode belge à ceux de la méthode anglaise proprement dite.

PRIX DE REVIENT D'UNE GALERIE DE MINE ET D'UN ABATAGE EN GRAND.

Le travail le plus difficile est toujours d'exécuter la galerie de mine primitive, autour de laquelle on procède ensuite à l'abatage en grand. Dès qu'une galerie de 2 mètres de haut sur 2 mètres de large est ouverte dans toute la longueur du souterrain, l'abatage en grand peut marcher presque aussi vite que l'on veut, car on peut disposer toute une série d'ateliers de mineurs travaillant soit en gradins soit en redans.

Le déblai et le transport se simplifient et le prix de revient est beaucoup moins élevé.

On comprend qu'il n'est pas commode de préciser un prix de revient d'une manière générale, car il dépend toujours des conditions locales, toutefois nous pensons qu'il convient de donner les renseignements suivants, que nous trouvons dans le cours d'exploitation des mines de M. Callon.

D'après ce savant inspecteur général des mines, le percement d'une galerie de 3 mètres carrés et demi de section conduit aux résultats suivants, en comptant la journée moyenne des ouvriers à 4 francs et le kilogramme de poudre à 2f.50.

NATURE DES ROCHES.	NOMBRE DE JOURNÉES PAR MÈTRE COURANT.	POIDS DE POUDRE PAR MÈTRE COURANT.	PRIX DE REVIENT		AVANCEMENT MENSUEL.
			PAR MÈTRE COURANT.	PAR MÈTRE CUBE.	
		kil.	fr.	fr.	mèt.
Roches récalcitrantes, extrême dureté. . . .	50	12	236	67	2
Granite dur et quartzeux.	20 à 30	8 à 10	120 à 145	34 à 41	3.33 à 5
Terrain houiller très-dur, grès et poudingue.	15 à 20	4 à 8	70 à 100	20 à 28	5 à 7
Granite ordinaire.	10 à 15	3 à 4	47 à 70	13 à 20	7 à 10
Terrain houiller ordinaire, schiste argileux ou calcaire dur micacé.	7 à 10	1.5 à 3	31 à 47	9 à 13	10 à 15
Roches tendres, sables agglutinés, argiles durcies, gypse, roches décomposées. . . .	4 à 6	1 à 1.5	18 à 28	5 à 8	15 à 25
Roches ébouleuses, chantier à la houille. .	2 à 4	0 à 0.5	8 à 17	1.33 à 2.80	25 à 50

Dans la plupart des cas, on se trouvera dans des conditions un peu plus difficiles que celles que présentent les roches tendres, et il ne faudra guère compter que sur un avancement mensuel de 15 mètres.

Connaissant le prix de revient au mètre cube d'une galerie à petite section, on sait que le prix de l'abatage en grand sera bien moindre ; on l'obtient d'une manière approximative en multipliant le prix du mètre cube de petite section par

certains coefficients ou modules que l'expérience a indiqués. Voici les modules que donne M. Callon.

Lorsqu'on passe de la section de trois mètres carrés et demi à une section de

10 à 20 mètres carrés, le module est de		$\frac{1}{2}$ à $\frac{3}{4}$:
Très-grande section de 36 mèt. carrés	pour l'abatage en grand à l'étage supérieur	$\frac{1}{2}$ à $\frac{3}{4}$
	pour l'enlèvement du stross ou revanché	$\frac{1}{3}$
Pour un ouvrage à gradins à ciel ouvert		$\frac{1}{4}$
Pour un ouvrage en cheminée montante		1 1/2
Pour un fonçage de puits, suivant qu'on est plus ou moins gêné par les eaux		1 1/2 à 2

L'exécution des cheminées montantes et le fonçage des puits sont bien plus coûteux que l'exécution d'une galerie horizontale ; on le comprend sans peine. Dans un terrain ordinaire, quand on n'est pas gêné par les eaux, le prix du mètre cube de déblai augmente de moitié lorsqu'on passe d'une galerie à un puits.

Les prix précédents, qui ne comprennent ni le boisage ni le muraillement, seront utiles pour dresser les avant-projets de tunnel et établir le détail estimatif des dépenses.

L'avancement d'un puits n'est que les deux tiers de l'avancement d'une galerie de petite section.

Lorsqu'on aura reconnu par des sondages la nature géologique des terrains à traverser, on pourra se rendre un compte approximatif de la dépense à faire pour l'exécution d'un tunnel donné.

Quelques ingénieurs se contentent du calcul suivant : ils cherchent le prix du mètre cube de déblai à ciel ouvert d'un rocher identique à celui que l'on doit rencontrer, ils ajoutent à ce prix les deux tiers de sa valeur et ils admettent que le résultat représente le prix de revient du mètre cube de déblai en souterrain. Mieux vaut recourir aux modules cités plus haut.

EXÉCUTION ET BOISAGE D'UNE GALERIE D'AVANCEMENT.

Les dimensions d'une galerie d'avancement varient, pour la largeur entre 1m,50 et 2m,50 et pour la hauteur entre 1m,80 et 2m,50. Il n'y a pas avantage à réduire les dimensions outre mesure, car on gêne les ouvriers et la confusion règne dans l'atelier. Il semble convenable d'obtenir une section libre de deux mètres sur deux mètres.

Lorsque la chose est possible, on n'enlève pas toute la section à la fois et on réserve un gradin inférieur que l'on attaque quelques mètres plus loin.

La paroi verticale du fond est attaquée par une mine centrale, qu'il y a avantage à établir aussi forte que possible et à charger avec de la dynamite ; cette mine broie le rocher et forme une cavité conique facile à élargir ensuite par des coups de mine latéraux.

Comme nous l'avons dit, il est bien peu de terrains qui se soutiennent seuls, et, pour éviter les accidents, il faut soutenir les parois par des boisages.

Le plus simple est celui de la figure 3, planche V; il comprend un plafond et un plancher. Le plafond est formé de madriers plus ou moins espacés, placés dans le sens de la galerie et soutenus par des pièces transversales (*a*) dont les abouts sont engagés dans des cavités que l'ouvrier a creusées dans le rocher. Un peu au-dessus du fond, on engage de la même manière dans le rocher d'autres pièces transversales qui soutiennent le plancher en madriers jointifs; les eaux d'infiltration se rendent sous ce plancher et s'écoulent par le fond de la galerie.

Les parois verticales restent à nu; cependant, il peut arriver que, par suite de la direction des lits du terrain, il y ait des éboulements à craindre sur un des côtés; alors on y place un poteau soutenant un garnissage et un remplissage en pierres, c'est dans le poteau que s'assemblent les traverses hautes et basses, figure 4.

La galerie ordinaire est boisée sur tout son pourtour, comme on le voit sur la figure 5; les parois verticales et horizontales sont soutenues par un plancher en madriers plus ou moins serrés suivant la nature du terrain; quelquefois même on place un fascinage au-dessus des madriers. Ce garnissage s'effondrerait s'il n'était soutenu par des cadres transversaux rigides, dont l'espacement dépend de l'intensité de la poussée des terres; ces cadres se composent de deux montants en rondins aux extrémités desquels s'assemblent, comme le montre la figure, la traverse *b* ou chapeau, supportant le toit et la semelle *c*; pour celle-ci, on a généralement recours à un bois demi-rond dont la face plane est posée sur le sol; la traverse est elle-même un bois demi-rond.

A une certaine hauteur au-dessus du fond, les poteaux sont entaillés pour recevoir une petite traverse que recouvre le plancher de service.

L'écoulement des eaux se fait à la partie inférieure; si les eaux sont peu abondantes, c'est la semelle (*c*) qui porte directement le plancher, et on économise de la sorte une certaine hauteur, mais les ouvriers sont exposés à travailler dans l'eau et doivent être munis de bottes d'égouttier.

La traverse (*d*), qu'on trouve dans les galeries d'une certaine hauteur, porte le nom de tendard et s'assemble à gueule de loup avec les poteaux du cadre.

Lorsque l'on établit une large galerie, la traverse supérieure pourrait n'être plus assez forte pour soutenir les terres sans se rompre; on place en son milieu dans chaque cadre des chandelles ou rondins verticaux que l'on coince à coups de masse; ces chandelles sont surtout commodes lorsqu'on veut établir une double voie; mais, lorsque la double voie n'est pas nécessaire, on peut soutenir le milieu du toit par deux arbalétriers prenant leur point d'appui sur le rocher comme le montre la figure 6.

Dans les terrains poussants, il ne faut pas conserver aux cadres la forme rectangulaire, mais adopter une section trapèze, figure 7, moins susceptible de s'écraser : cette section qui se rétrécit à la partie haute ne gêne pas l'ouvrier, puisqu'elle conserve dans la partie moyenne la largeur voulue.

Lorsqu'une galerie est notablement inclinée, on place toujours les cadres normalement à son axe, mais, pour s'opposer à leur déversement, il est bon alors de les relier par des madriers longitudinaux destinés à maintenir les intervalles.

Le procédé de boisage que nous avons décrit plus haut suppose que le terrain est susceptible de se tenir sur une certaine surface, correspondant par exemple à l'intervalle entre deux cadres, mais il n'en est pas toujours ainsi et il arrive

quelquefois qu'on se trouve en présence d'un terrain ébouleux ou coulant, tel que le sable. Voici alors comment on peut opérer (figure 8, planche V).

On se sert de cadres *a* et *b*, alternativement plus grands et plus petits, le chapeau et les montants des plus grands entourant en projection le chapeau et les montants des plus petits; il va sans dire que les semelles seules sont dans le même plan. Entre trois cadres consécutifs, on glisse des madriers jointifs *ef*, tangents extérieurement aux cadres (*a*) et (*b*) et intérieurement au cadre (*a'*); on fait avancer ces madriers à grands coups de masse que l'on frappe en *f*, et cela au fur et à mesure que la fouille s'approfondit. Les madriers sont taillés en biseau à leur extrémité de manière à pénétrer assez facilement dans le terrain coulant.

Au fond de la fouille est un bouclier en madriers jointifs horizontaux, que l'on maintient par des chandelles latérales contre-butées par des pièces horizontales ou inclinées qui s'appuient sur les cadres postérieurs. On ne déblaye pas sur toute la surface du bouclier à la fois; on commence par enfoncer d'une certaine quantité les madriers (*ef*) du toit, on enlève les planches supérieures du bouclier puis après avoir enlevé le sable qui est derrière, on les reporte au fond de l'excavation formée; on descend ainsi peu à peu de manière à transporter le bouclier parallèlement à lui-même, mais par parties.

Lorsqu'on a avancé d'une longueur suffisante, on pose un nouveau cadre, et, si c'est un petit cadre, on glisse derrière de nouvelles palplanches (*ef*).

Ces palplanches sont coincées solidement au-dessus des petits cadres, que leurs extrémités dépassent toujours un peu.

La figure 8 fait très-nettement comprendre ce système de galeries qui peut trouver son application en bien des circonstances, notamment lorsqu'il s'agit de procéder au sauvetage d'ouvriers enfouis sous un éboulement de sable ou de terre.

Il est important de ne pas laisser se former de vides au-dessus du garnissage, parce qu'il peut se produire des éboulis brusques et des chocs qui écrasent les cadres et comblent la galerie; on passe alors beaucoup de temps à réparer le dommage, qui peut, du reste, entraîner de graves accidents. Dans un sable fluide, il faudra donc avoir soin de rendre les palplanches bien jointives de toutes parts, et, s'il existe quelque fissure, on devra la garnir avec de la paille ou des fascines.

Le boisage constitue une dépense importante; on doit veiller à ce qu'il soit fait avec soin et à ce que les cadres soient posés au fur et à mesure que le besoin s'en fait sentir. La main-d'œuvre de cette pose étant souvent comprise dans la somme accordée aux ouvriers pour le mètre courant d'avancement, ils ont tendance à négliger le boisage et se montrent souvent très-imprudents sur ce point

Le bois le plus résistant, celui qui se conserve le mieux dans l'humidité et l'atmosphère malsaine des travaux souterrains, c'est le chêne; mais, il est lourd et coûteux, et, généralement, c'est le pin qu'il faut préférer, bien qu'il se conserve beaucoup moins bien.

Dans les travaux de tunnel, il est rare que les galeries soient destinées à avoir une longue existence, la considération de la durée est donc insignifiante et l'on recherche surtout la légèreté et la résistance, aussi emploie-t-on le pin et le sapin, quelquefois même les bois blancs ordinaires pour le garnissage.

Les bois se mettent en œuvre sous forme de rondins ou de pièces demi-rondes, dont le diamètre varie de $0^{m},10$ à $0^{m},25$; les rondins doivent être assez légers pour qu'un homme puisse les transporter et les manier facilement.

Les rondins de petit diamètre portent le nom de perches, et l'on désigne sous le nom de buttes les chandelles qui supportent directement les points faibles d'un toit de mine, comme le ferait une colonne.

AVANTAGES DES PUITS. — LEUR CONSTRUCTION.

Avantages des puits. Rapidité d'exécution d'un tunnel. — Dans un terrain ordinaire, une galerie d'avancement progresse d'environ 15 mètres par mois; les chantiers d'abatage en grand, d'enlèvement du stross, et de maçonnerie, suivent à quelque distance, de sorte que, lorsque la galerie d'avancement est complétement percée, quelque mois suffisent pour achever le tunnel.

La durée du travail dépend donc essentiellement du temps que l'on mettra à traverser la montagne de part en part par une galerie d'avancement, ayant par exemple une section franche de 2 mètres sur 2 mètres.

Supposons que l'on veuille achever un tunnel en deux campagnes, et qu'il faille six mois, la galerie d'avancement terminée, pour parfaire les travaux et livrer définitivement le passage; la galerie d'avancement devra être percée en 18 mois au plus, ce qui, à 15 mètres par mois de chaque côté du tunnel, fait une longueur de 18×30 ou de 540 mètres.

Cette longueur sera même moindre et n'atteindra que 300 mètres si le terrain est difficile et qu'on n'avance de chaque côté que de 8 mètres par mois.

Ainsi, au delà de 500 mètres de longueur, les tunnels ne peuvent s'exécuter en deux années. Si l'on n'est pas pressé de livrer la voie de communication et qu'on veuille faire le travail avec le moins de frais possible, on se résigne à le prolonger pendant trois ou quatre ans, et rien n'empêche, théoriquement, d'exécuter un tunnel de longueur quelconque en l'attaquant seulement par les deux bouts. La difficulté de ventilation elle même n'est pas insurmontable, ainsi qu'on l'a prouvé au mont Cenis.

Mais la construction d'une voie de communication absorbe de nombreux capitaux, qu'il y a avantage à ne point laisser dormir et à faire fructifier le plus tôt possible. Les intérêts courent pendant que le travail s'exécute, et le retard en un point suffit pour arrêter l'exploitation de toutes les sections. On comprend donc qu'il y a presque toujours avantage à presser l'exécution des grands travaux d'art au prix d'un supplément même notable de dépense; il est même fâcheux que les nécessités budgétaires ne permettent pas toujours de pousser les grands travaux aussi vite qu'on le pourrait.

Pour accélérer la construction d'un tunnel, il n'y a qu'une chose à faire : multiplier les points d'attaque de la galerie d'avancement, ce à quoi on arrive en creusant dans le plan vertical du tunnel des puits qui descendent jusqu'au niveau de la galerie, et qui créent chacun deux nouveaux points d'attaque, à droite et à gauche. C'est par le puits que se fait l'extraction des déblais et des eaux, ainsi que la circulation des ouvriers et l'approche des matériaux.

Entre deux puits consécutifs, il y a donc deux galeries d'avancement qui marchent l'une vers l'autre et dont l'alignement est vérifié de telle sorte qu'elles se rencontrent à un moment donné.

Dans cette manière de faire, il y a deux causes d'augmentation de depense : 1° la construction des puits qui est pénible, et qui marche souvent moitié moins

vite que la galerie attaquée par les têtes du tunnel; 2° la difficulté du travail, de la ventilation, de l'équipement et de l'extraction.

Espacement des puits. — L'espacement des puits dépend essentiellement de la rapidité avec laquelle on se propose d'exécuter le travail. Voilà comment cet espacement se détermine. (Fig. 9, pl. V.)

Soit un tunnel de 3,000 mètres de long dans lequel la galerie d'avancement peut marcher de 15 mètres par mois, lorsque le service est fait par les têtes; on veut que le travail soit achevé en 3 ans. Le temps nécessaire à l'achèvement complet, lorsque la galerie d'avancement est percée étant de six mois, il reste trente mois pour creuser cette galerie. En trente mois, on avancera sur chaque tête de 450 mètres, ce que représente la longueur (ab); la galerie partant du puits n° 1 devra dans le même temps arriver au point b.

Or on ne creusera guère que 8 mètres de puits par mois et 12 mètres seulement de galerie, en désignant par h la hauteur du puits n° 1 et par l la longueur de la galerie (cb). On devra donc avoir l'équation :

$$\frac{h}{8}+\frac{l}{12}=30.$$

Cette équation renferme deux inconnues, et voici comme on la résoudra :

On prendra arbitrairement une valeur l' de l, et le profil en long donnera la valeur correspondante de h'; substituant dans l'équation, on trouvera que le premier membre se réduit non pas au nombre 30, mais à un nombre supérieur; on recommencera un nouvel essai avec une valeur moindre que l' et on trouvera un nombre inférieur à 30. Adoptant des données intermédiaires on arrivera vite avec quelques tâtonnements à déterminer la position exacte du puits n° 1.

De la position du puits n° 1 on déduira celle du puits n° 2, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on arrive à l'extrémité du tunnel.

Le puits n° 1 aura par exemple une profondeur de 50 mètres et la longueur de la galerie (cb) sera de 285 mètres. La galerie (cd) avancera aussi de 285 mètres dans la montagne. Si le puits n° 2 a 70 mètres de profondeur, la galerie correspondante (ed) n'aura que 255 mètres de longueur et l'espacement des puits n° 1 et n° 2 sera de 540 mètres.

Si l'on voulait achever le tunnel en deux ans seulement, les puits seraient beaucoup plus rapprochés et la dépense augmenterait bien vite.

Le simple calcul précédent suffira pour déterminer l'espacement des puits; on pourra recourir aussi à la formule suivante donnée par M. l'ingénieur Thirion :

Supposons que sur une certaine longueur l le terrain soit sensiblement horizontal, c'est-à-dire que tous les puits ont la même profondeur. Appelons P la dépense d'établissement d'un puits, (n) le nombre de puits, leur espacement sera donc $\left(\frac{l}{n}\right)$; désignons par S la section transversale du déblai souterrain, par S' celle du revêtement, par p le prix du transport en galerie d'un mètre cube de déblai à un mètre de distance et par p' le prix du transport d'un mètre cube de matériaux.

Le cube des déblais dans l'espace dont la longueur est l, sera égal à lS. La distance moyenne du transport en galerie des déblais sera égale au quart de l'espacement des puits, c'est-à-dire à $\frac{l}{4n}$, et le prix total du transport des déblais

sera

$$p.lS.\frac{l}{4n} \quad \text{ou} \quad pl^2\frac{S}{4n};$$

de même le prix total du transport des matériaux de revêtement sera

$$p'l^2\frac{S'}{4n}.$$

La dépense totale d'établissement de puits aura pour valeur (nP).

Ainsi, en désignant par V la somme des dépenses susceptibles de varier avec l'espacement des puits, on trouve :

$$V = \frac{l^2}{4n}(pS + p'S') + nP.$$

Cette quantité sera minima lorsque sa dérivée par rapport à (n) sera nulle, d'où l'équation :

$$-\frac{4n^2}{l^2}(pS + p'S') + P = 0, \qquad n = \frac{l}{2}\sqrt{\frac{pS + p'S'}{P}},$$

et l'espacement

$$E = \frac{l}{n} = 2\sqrt{\frac{P}{pS + p'S'}}$$

Telle est la formule qui détermine l'espacement des puits de manière à obtenir le minimum de dépense : mais nous avons vu que ce n'était pas la condition capitale à rechercher et qu'on s'attachait surtout à la rapidité d'exécution.

Du reste, il y a tant d'inconnues dans la construction d'un tunnel, il peut se présenter tant d'accidents et d'entraves de toute nature qu'on ne saurait rien affirmer de précis sur la durée d'exécution de deux galeries qui se trouvent en apparence dans des conditions identiques.

Il faut donc considérer les calculs précédents comme susceptibles de fournir des indications précieuses, mais dans la pratique on ne sera pas forcé de leur accorder une confiance absolue et on pourra en modifier les résultats suivant les convenances locales.

Lorsque l'ouverture des puits reste à ciel ouvert, on l'entoure d'ordinaire d'un bourrelet en terre qui s'oppose à l'introduction des eaux pluviales et qui permet de créer aux abords des pentes douces sur lesquelles on établit les voies qui servent aux transports des déblais.

On recommande quelquefois de ne point placer l'orifice des puits au centre des cuvettes naturelles dans lesquelles les eaux pluviales sont susceptibles de s'accumuler ; cependant, il y a tant d'avantage à réduire la profondeur des puits qu'il vaut mieux, pensons-nous, les placer dans les dépressions du sol, quand même on devrait faire quelques travaux de terrassement pour éloigner les eaux et les déblais.

L'orifice des puits doit toujours être abrité par un bâtiment provisoire où l'on installe les appareil de montage, d'épuisement, de ventilation, les forges et magasins et même les logements des contre-maîtres et ouvriers.

Exécution des puits. Boisage. Muraillement. — Le déblai des puits se fait comme le déblai des galeries, à la pioche et au pic quand le terrain le permet et à la mine lorsqu'on se trouve en rocher.

Le travail se conduit alors de la manière suivante (figure 10, planche V) :

Au centre de la section on creuse un fort trou de mine, et l'explosion donne naissance à une sorte de cuvette centrale ; la dynamite peut rendre de grands services pour cette mine principale, qui part dans de mauvaises conditions puisqu'il n'y a pas de surface de plus facile rupture et que le rocher doit être pour ainsi dire broyé. On élargit ensuite la cuvette par les coups latéraux (*aa*) et on la complète par les trous *bb*.

Lorsqu'un puits est destiné à l'exploitation indéfinie d'une mine, on doit le murailler et il est nécessaire, au point de vue de la résistance, de lui donner une section circulaire ou ovale; on donne alors à l'excavation une section polygonale et les cadres en bois qui soutiennent les parois ont la même forme.

Mais, pour les puits qui servent à la construction des tunnels on n'a recours qu'à la forme rectangulaire, qui est bien plus commode à boiser et à soutenir ; dans le cas où, après l'exécution du travail, on veut conserver un des puits pour donner soit de l'air soit de la lumière, on le muraille et on adopte pour le vide central une section elliptique dont le grand axe est parallèle au grand côté du rectangle primitif.

L'orientation de la section rectangulaire n'est pas indifférente, le plus petit côté du rectangle doit être parallèle aux plans de stratification des roches que l'on rencontrera, plan dont la direction a été reconnue par les sondages préalables. En effet, les blocs de roche tendent à glisser sur leurs lits ou plans de stratification et c'est dans le sens de ces plans que les cadres sont exposés à subir les plus fortes poussées. Il est donc prudent d'opposer à ces poussées le plus petit côté des cadres.

Quelquefois, les parois d'un puits sont assez solides pour se tenir d'elles-mêmes, mais il est toujours à craindre que certaines parties, ébranlées par les détonations, ne viennent à se détacher et à causer des accidents terribles ; on doit donc toujours boiser les puits, mais on proportionne le garnissage et l'espacement des cadres aux efforts probables.

La dimension du petit côté d'un cadre dépend de la largeur des engins qui servent à l'extraction des déblais : pour les petites profondeurs, on a recours à des jales ou seaux de grandes dimensions ou à de petites caisses qui se posent sur wagonnets ; mais, pour de grandes profondeurs et pour une extraction rapide, ce sont les wagons eux-mêmes que l'on monte tout chargés et que la machine prend sur la voie ferrée de la mine pour les élever et les poser au dehors sur une autre voie ferrée qui les mène au lieu de déchargement.

La dimension du grand côté dépend du nombre de compartiments qu'on adopte : généralement, il y a trois compartiments : un pour les caisses pleines qui montent, un autre pour les caisses vides qui descendent et le troisième, plus petit, contient les pompes d'épuisement, les tuyaux des ventilateurs et une échelle pour la circulation des ouvriers. Nous trouverons ultérieurement des exemples de puits qui fixeront les dimensions à adopter.

Pour le moment, occupons-nous du boisage :

La figure 11 de la planche V représente la manière dont on procède au boisage d'un puits creusé dans un terrain mobile; c'est une opération analogue à celle que nous avons décrite pour les galeries.

On constitue avec des rondins *a* et *b* des cadres rectangulaires, que l'on place horizontalement à des distances convenables qu'indique l'expérience ; on les relie verticalement par des poteaux d'angle (*c*) formés aussi avec des rondins. Derrière les cadres, on glisse un peu obliquement des palplanches (*de*) que l'on enfonce à

coups de masse au fur et à mesure que la profondeur de l'excavation augmente, et que l'on coince énergiquement contre les cadres.

Si le terrain est ordinaire, on se contente de placer derrière les cadres des palplanches verticales, plus ou moins espacées entre elles et on réunit les cadres les uns aux autres par des poteaux qui reportent toute la charge sur le cadre supérieur, lequel est relié à un ensemble de pièces de bois s'appuyant sur le sol par une large surface; de place en place, on creuse dans le rocher des cavités où l'on loge les bouts des grands côtés d'un cadre et on constitue ainsi des supports intermédiaires.

Dans les terrains coulants on n'a pas besoin de suspendre les cadres, la poussée des terres suffisant à les maintenir et à les empêcher de descendre.

A l'intérieur des cadres, on cloue des planches verticales que souvent on met jointives, et qui empêchent les bennes de se heurter contre les cadres, de s'y accrocher et de se renverser.

Les cloisons transversales qui séparent les divers compartiments sont aussi jointives.

Méthodes diverses de construction des puits. — Air comprimé. — Cuvelages, — Procédé Kind et Chaudron. — Dans les terrains exceptionnellement difficiles, on a eu recours, pour la construction des puits, à des méthodes spéciales que nous avons décrites dans le Traité de l'Exécution des Travaux et que nous nous contenterons de rappeler ici.

1° Lorsqu'il s'agit de foncer un puits dans la vase ou dans un terrain semi-fluide quelconque, on peut poser sur le sol un rouet ou anneau en bois ou en fonte, garni à son pourtour d'un couteau cylindrique vertical; sur ce rouet, on élève de la maçonnerie, puis, en déblayant à l'intérieur, on fait descendre le tout; on construit de nouvelles assises de maçonnerie au fur et à mesure que la masse descend. Ce procédé s'applique bien à des terrains imperméables, comme la vase ; malheureusement, la descente est souvent irrégulière.

Les puits foncés de cette manière, ont servi à établir les fondations du bassin à flot de Rochefort : nous verrons plus loin l'application curieuse qui en a été faite au tunnel sous la Tamise.

2° En 1841, M. Triger, ayant à percer un puits de mine près de Chalonnes sur la Loire, devait traverser une couche de sable aquifère de plusieurs mètres de hauteur ; il parvint à vaincre cette difficulté, en constituant la paroi du puits avec un tube métallique fermé par en haut, à l'intérieur duquel on comprimait de l'air ; cet air chassait l'eau et faisait équilibre à la pression hydrostatique qui s'exerçait à la base du tube ; des ouvriers pouvaient donc travailler à sec au fond du puits et creuser le sol. Une sorte d'écluse posée sur le tuyau et communiquant à volonté, soit avec l'atmosphère, soit avec le réservoir d'air comprimé, permettait aux ouvriers d'entrer dans le puits et d'enlever les déblais sans interrompre le travail.

Mais nous n'insisterons pas sur ce système du fonçage des puits à l'air comprimé ; on trouvera tous les détails y relatifs dans le chapitre III de notre traité de l'Exécution des Travaux.

3° Dans la hauteur d'un puits, on rencontre souvent des couches aquifères, qui épanchent leurs eaux à l'intérieur de l'excavation, et rendent le travail d'approfondissement beaucoup plus difficile, quelquefois même impossible. Il importe donc de masquer complètement ces couches aquifères, en constituant les parois du puits avec un tube ou cuvelage imperméable fortement pressé contre le terrain environnant.

L'exécution du cuvelage étanche a pour effet de s'opposer à l'invasion de puits par les eaux; en outre, il maintient à leur niveau ordinaire les nappes d'eau souterraines, et l'on ne s'expose pas à tarir les puits du voisinage et à subir les demandes d'indemnité des propriétaires.

Le cuvelage en bois s'exécute en perçant complétement la couche aquifère, et on a recours pour cette opération à des machines d'épuisement puissantes; lorsqu'on a dépassé cette couche, on pose sur le fond un cadre épais ou trousse en bois de chêne, formé par plusieurs segments assemblés. Derrière le cadre on insère des planches en sapin, que l'on pose à recouvrement et que l'on serre énergiquement en chassant des coins derrière le cadre. On élève ensuite le boisage en chevillant sur le premier cadre d'autres cadres moins forts, et, avec des chevilles en fer, on fixe à l'intérieur de tous ces cadres une chemise en planches de $0^m,06$ à $0^m,07$ d'épaisseur. Quand on a dépassé la couche aquifère, on termine le cuvelage par une trousse semblable à celle du bas, fortement coincée.

En Angleterre, on a quelquefois substitué au cuvelage en bois le cuvelage avec cylindres de fonte.

4° M. Kind eut l'idée de supprimer les épuisements considérables, quelquefois même impossibles, auxquels donne lieu l'exécution d'un cuvelage. Il creusait le puits sur toute la hauteur de la couche aquifère, au milieu même des eaux d'infiltration, en ayant recours à un trépan analogue à celui avec lequel on exécute les sondages, mais d'un diamètre beaucoup plus grand; le trou arrivé à la profondeur voulue, il immergeait un cuvelage en bois, derrière lequel il coulait un massif annulaire de béton de ciment, destiné à aveugler les sources.

Mais ce procédé donna de médiocres résultats, car le bétonnage ne suffit pas à maintenir l'étanchéité, et, dès que l'on commence à épuiser, les douves se resserrent sous la pression extérieure des eaux et se détachent du bétonnage.

M. Chaudron perfectionna le système de la manière suivante : il adopta un cuvelage formé d'anneaux de fonte de grand diamètre et d'environ $1^m,50$ de hauteur, superposés et assemblés au moyen de collets horizontaux parfaitement tournés, boulonnés les uns sur les autres. On interpose entre deux collets une feuille de plomb qui assure l'imperméabilité. L'épaisseur des anneaux est calculée en vue de résister à la pression des eaux à l'extérieur.

La difficulté n'est pas d'obtenir une paroi étanche sur toute la hauteur, c'est surtout d'empêcher l'irruption de l'eau à la base du cuvelage, ce à quoi M. Chaudron est arrivé par l'emploi de la boîte à mousse, figure 12, planche V.

La boîte à mousse B s'adapte à la partie inférieure de la colonne de fonte A; c'est un cylindre d'un diamètre inférieur à celui de la colonne, de sorte qu'elle peut prendre à l'intérieur de cette colonne, un mouvement analogue à celui des tubes d'un télescope. A sa base, la boîte à mousse porte à l'extérieur un sabot en bois C, qui remplit la surface annulaire laissée vide autour du tube. La boîte à mousse est supportée par des tringles en fer indépendantes de la colonne A. Au-dessus du sabot de bois, en M, on bourre de la mousse que l'on maintient en place, pendant la descente au moyen d'un filet. La boîte à mousse étant arrivée au fond de l'excavation, le cuvelage métallique continue à descendre et vient presser de tout son poids, par le rebord D sur la mousse qu'il comprime énergiquement et qu'il transforme en un bouchon imperméable.

La mise en place terminée, on immerge du béton en N derrière le cuvelage A; on a constitué de la sorte, un vase imperméable d'où on extrait les eaux avec la plus grande facilité.

La descente d'une masse de fonte considérable serait très-difficile, mais o

adapte au fond du cuvelage un tube d'équilibre qui déplace une grande quantité d'eau et allége le système.

A Sainte-Marie de Péronnes, on a ainsi posé un cuvelage de 62 mètres de hauteur et la dépense totale est revenue à 64,500 francs ; l'opération a parfaitement réussi, et le système est susceptible de rendre de grands services à l'industrie minière et même à la construction des tunnels.

Boisage et muraillement. — Nous n'avons plus rien à dire du boisage; quant au muraillement des mines et des galeries, il est clair qu'on ne doit l'exécuter qu'avec des matériaux de petite dimension, facilement maniables, tels que le moellon ou la brique; c'est généralement la brique qui est préférée, surtout pour les puits et les voûtes. Il faut s'attacher à n'employer que des matériaux de première qualité; leur prix n'entre que pour peu de chose dans la dépense totale, et ce n'est point là-dessus qu'il faut chercher des économies.

Nous en dirons autant des mortiers qu'il faut confectionner avec des éléments irréprochables; on ne se sert, bien entendu, que de mortiers hydrauliques, et, dans les terrains difficiles, les ciments à prise rapide sont susceptibles de rendre des services signalés.

Le boisage d'une galerie de 2 mètres de hauteur et de $1^m,50$ de largeur au toit, coûte environ 10 francs le mètre courant, en comptant un cadre et demi par mètre courant de galerie, et en supposant qu'on se trouve dans des conditions ordinaires pour se procurer les bois.

Le boisage d'un puits de 4 mètres de long et de $1^m,30$ de large dans œuvre, divisé en deux compartiments d'extraction et un compartiment de service, avec un cadre par mètre courant, cadre formé avec des pièces équarries de $0^m,20$, coûte environ 80 francs par mètre courant, dans des conditions ordinaires.

Le muraillement de la galerie de mine peut s'évaluer de 37 à 47 francs le mètre courant, et le muraillement du puits à 160 francs (nombres donnés par M. Callon).

Ventilation. — Inflammation des mines dans les puits. — La ventilation des puits est nécessaire, dès que la profondeur devient notable; l'air ne se renouvelle plus et il est perpétuellement corrompu par la respiration des ouvriers, par la combustion des huiles d'éclairage, par la présence des gaz qui résultent de l'explosion de la poudre.

Qnelquefois, on a pourvu à la ventilation au moyen des manches à vent, tuyaux de toile, descendant jusqu'au fond du puits et terminés à leur partie supérieure par un entonnoir, que l'on accroche à un point aussi élevé que possible au-dessus du sol, à un grand arbre par exemple; un courant d'air descend de l'entonnoir au fond du puits et remonte ensuite jusqu'au sol.

C'est un procédé de ventilation capricieux et insuffisant.

Dans les mines, on a souvent recours aux fourneaux d'appel, foyers continus placés à la base de puits spéciaux; la combustion détermine dans les puits d'extraction et dans les galeries des courants d'air aussi énergiques qu'on le veut.

Dans les tunnels, on n'a guère recours qu'au ventilateur ordinaire à aubes courbes, et il est mû soit à bras d'hommes par une manivelle, soit par une transmission posée sur l'arbre de la machine d'extraction.

On trouvera la description des principaux ventilateurs connus à la page 368 et aux pages suivantes de notre cours de machines.

Il y a des précautions à prendre pour l'inflammation des mines au fond des puits ; lorsque la profondeur n'est pas grande, les ouvriers reviennent à la sur-

face du sol, mais, pour les grandes profondeurs, afin d'éviter les pertes de temps, on préfère ménager dans les parois de l'excavation des retraites horizontales où les ouvriers se mettent à l'abri ; quelquefois on se contente de remonter les ouvriers dans une jale ou une benne jusqu'à une certaine hauteur, mais cette manière de faire paraît dangereuse.

En ce qui touche l'inflammation des mines, il serait préférable de recourir à l'étincelle électrique; mais l'emploi des mèches ordinaires est encore très-répandu, et, comme il est plus économique, il subsistera longtemps.

Or il arrive souvent que des mines sont paresseuses pour une raison ou pour une autre, et que les mineurs, en allant examiner ou changer l'amadou, se trouvent blessés par une explosion inattendue. Il y a un moyen bien simple de diriger sûrement un corps en ignition sur une mèche de mine.

Le mineur, avant de remonter du puits, attache un fil de fer à l'amadou qui doit mettre le feu à la poudre d'amorce; il remonte, en dévidant le fil de fer, jusqu'à la surface du sol.

On tire le fil de fer et on a soin d'éviter qu'il ne se trouve aucun nœud sur sa longueur entière ; on allume ensuite une cocarde d'amadou percée d'un trou à son centre, et, lorsqu'elle est en vive ignition, on l'enfile et on la fait couler le long du fil de fer jusqu'à l'amorce de la mine. L'allumeur a toujours le temps de se retirer, et l'allumage de la mine est une chose immanquable.

Puits inclinés. — M. Toni-Fontenay a proposé de substituer aux puits verticaux des puits inclinés, auxquels on donne une pente de 30° ou deux de base pour un de hauteur. En réalité, ce n'est plus un puits, mais une galerie inclinée qui s'exécute et se boise comme une galerie horizontale; la circulation des ouvriers s'y fait comme sur un escalier à pente douce. Quant aux wagonnets qui emportent les déblais, ils sont tirés par des câbles sur le plan incliné et roulent sur des rails ; on dispose, sur la longueur, deux voies dont l'une donne passage aux trains montants et l'autre aux trains descendants, ainsi que nous aurons l'occasion de l'expliquer en détail, lorsque nous parlerons des plans inclinés à propos des chemins de fer. Les appareils d'épuisement et de ventilation sont les mêmes que dans un puits.

Voici l'avantage du système :

La figure 1 de la planche 6 représente la coupe longitudinale sur l'axe d'un tunnel. On creuse une galerie inclinée (*ab*); en (*b*) on la bifurque, on la prolonge d'un côté vers (*bc*) de l'autre vers (*bf*); en (*c*) on crée deux chantiers d'attaque (*cd*), (*ce*) pour la galerie du tunnel; en *f* on crée deux autres chantiers d'attaque (*fg*), (*fh*).

On est arrivé au même résultat que si l'on avait creusé les deux puits (*cn*) (*fm*), dont la longueur est supérieure à celle des galeries inclinées; en outre, le creusement des puits verticaux est plus difficile et plus coûteux; il en est de même de la circulation des ouvriers et de l'extraction des déblais. La galerie inclinée présente donc de sérieux avantages, et il ne semble pas qu'elle doive conduire dans la pratique à de graves inconvénients.

Les galeries inclinées doivent évidemment être adoptées dans un cas analogue à celui de la figure 2, lorsque la montagne à traverser présente un mamelon central A, à bords escarpés. Au pied des escarpements, on creusera deux galeries inclinées (*ac*) (*bd*), dirigées vers le massif central et destinées à créer des chantiers d'attaque, au milieu même de ce massif; à défaut de ces galeries, il faudrait creuser deux puits profonds, qui coûteraient bien plus cher que les galeries, tout en donnant lieu à une exploitation bien plus difficile.

Il faut remarquer, en outre, que l'adoption des galeries inclinées donne une grande latitude dans le choix de l'emplacement ; les puits verticaux se placent dans l'axe du tunnel ou à quelques mètres en dehors; mais les galeries inclinées peuvent se mettre dans une direction quelconque par rapport à l'axe longitudinal du tunnel.

Ainsi, figure 4, pour percer le tunnel T, on n'ira pas creuser le puits (*ab*), on se contentera évidemment de la galerie (*cd*), beaucoup moins longue et fort peu inclinée, c'est-à-dire d'une exploitation très-facile.

Et même certains souterrains, creusés dans les flancs abrupts d'une vallée torrentielle, figure 5, peuvent être exécutés avec la plus grande facilité au moyen de galeries transversales horizontales, auxquelles on donne une faible pente vers la vallée, afin de ménager aux eaux d'infiltration un écoulement naturel.

On trouve plusieurs tunnels, exécutés par ce procédé, sur la route nationale de Grenoble à Briançon, le long de la vallée de la Romanche.

Lorsqu'on exécute ainsi un tunnel dans le flanc d'une montagne escarpée, il peut arriver qu'on traverse des plans de stratification (*ab*), figure 8; on détruit ainsi l'équilibre de la masse (*abcd*), et, si cette masse a une tendance à glisser sur son lit, elle peut exercer sur le tunnel une poussée transversale qui le brise et l'entraîne; si un cas pareil venait à se présenter, il faudrait consolider le tunnel par un solide renfort en maçonnerie, opposé à la poussée. Si le danger paraissait trop difficile à conjurer, il vaudrait mieux s'enfoncer davantage dans la montagne.

Extraction. Épuisement. — Les machines d'extraction varient suivant la profondeur du puits.

Lorsque cette profondeur ne dépasse pas 25 mètres, on se contente d'ordinaire du treuil à double manivelle que représentent les figures 2 à 5 de la pl. VIII; l'une des cordes s'enroule sur le tambour pendant que l'autre se déroule; l'une élève les jales ou les bennes pleines et l'autre descend les jales ou les bennes vides.

Si les dimensions des jales sont grandes, le poids à soulever est assez lourd pour qu'il y ait lieu d'interposer entre la manivelle et le tambour un pignon et une roue dentée ; on perd alors en vitesse ce que l'on gagne en force, et on arrive au même résultat; seulement on fait moins de voyages et par suite il y a moins de temps de perdu.

Quand la profondeur varie de 25 à 50 mètres on substitue au treuil un manége mû par un ou deux chevaux : le mécanisme est analogue, mais on donne aux bennes de plus fortes dimensions. Les figures 6 et 7, planche VIII représentent le manége dont on s'est servi pour la construction des tunnels de la ligne de Saint-Germain-des-Fossés à Roanne. Un des câbles s'enroule pendant que l'autre se déroule et les bennes se meuvent dans deux compartiments voisins d'un même puits.

Au delà de 50 mètres il est généralement plus avantageux de substituer au manége soit une locomobile de 6 à 12 chevaux, soit une machine fixe de 15, 20 et même 30 chevaux lorsque la profondeur devient considérable, et qu'on doit se servir de bennes de grandes dimensions, en même temps qu'on doit élever de grandes masses d'eau.

La figure 3 de la planche VI représente la disposition adoptée sur le chemin de fer du nord de l'Espagne pour l'extraction des déblais dans un puits de 50 mètres de profondeur :

Une locomobile de 8 chevaux actionne, par un système de poulies et de cour-

roies, un premier arbre qui par un engrenage en commande un second sur lequel sont fixées deux bobines portant chacune un câble plat. Les deux câbles sont enroulés en sens inverse, de sorte qu'en donnant à l'arbre un mouvement de rotation, l'un se déroule pendant que l'autre s'enroule, c'est-à-dire qu'une des bennes monte pendant que l'autre descend.

La locomobile est à changement de marche, afin de donner à l'arbre des bobines le mouvement alternatif de rotation qui lui convient. Si l'on n'avait pas de locomobile à changement de marche, on arriverait au même résultat en ayant recours à un arbre intermédiaire, mais le changement de marche est toujours plus facile.

Un appendice indispensable, qui n'est pas indiqué sur les dessins, c'est un frein à pédale monté sur l'arbre des bobines.

Chaque câble passe sur une poulie portée par une charpente placée au-dessus de l'orifice du puits et soutient une benne de 1 mètre de diamètre en gueule et de $0^{m},60$ de profondeur, laquelle est amenée du fond de la galerie à l'aplomb du puits sur des trucs ou wagonnets où le câble vient la saisir. Les deux câbles sont dans des plans verticaux distants de $1^{m},50$.

La locomobile met d'ordinaire en jeu un ventilateur à aubes courbes et une pompe d'épuisement : quelquefois, lorsque les infiltrations sont peu considérables, on se passe de pompe et on monte les eaux dans des jales.

Il va sans dire que la traverse sur laquelle est boulonné l'arbre des bobines est solidement fixée au sol pour résister aux efforts d'arrachement qui la sollicitent.

Toutes les machines sont comprises dans un bâtiment provisoire en charpente, qu'il convient de faire aussi simple et aussi peu coûteux que possible.

Ce n'est que dans les exploitations continues de mines qu'on a recours aux parachutes, ou systèmes destinés à arrêter les bennes dans leur chute au cas où un câble vient à se rompre. Il faut éviter autant que possible de faire monter et descendre les ouvriers par les bennes : mieux vaut dépenser un peu plus et créer un compartiment spécial pour la circulation : alors un câble peut se rompre sans grand danger pour les ouvriers. L'ingénieur et le conducteur des travaux doivent donner tous leurs soins aux manœuvres d'entrée et de sortie et établir des règlements sévères pour parer à l'imprudence des ouvriers. Il ne faut pas oublier que les câbles de mine se détériorent très-vite : ils doivent être fréquemment vérifiés.

Une benne montant dans un puits avec une certaine vitesse ne tarde pas à prendre un mouvement oscillatoire et à se heurter violemment contre les parois; il faut donc opérer l'ascension avec lenteur, mais cela est une gêne et une cause de retard lorsqu'on est en présence de puits très-profond ; on est alors forcé d'entourer les bennes d'un cadre métallique portant à chacun de ses angles un œil que traverse un câble en fil de fer tendu verticalement. Toute oscillation se trouve supprimée, et par ce moyen on peut opérer l'ascension avec une vitesse quelconque.

Quant aux machines d'épuisement, nous n'avons rien à en dire : on les trouvera décrites aux pages 376 et suivantes de notre cours de machines.

Nous n'avons plus rien à ajouter sur les généralités relatives à la construction des tunnels : nous entrons maintenant dans les détails, qui vont se trouver exposés au chapitre suivant dans lequel nous ferons l'historique des principaux souterrains.

CHAPITRE III

DESCRIPTION DES PRINCIPAUX TUNNELS. — DÉTAILS DE CONSTRUCTION.

TUNNELS DU CANAL DE SAINT-QUENTIN.

Les tunnels du canal de Saint-Quentin, commencés sous le premier empire, vers 1803, ne furent réellement achevés que vers 1828. Ils ont présenté de grandes difficultes, que les ingénieurs de l'époque surmontèrent habilement : aujourd'hui, grâce aux puissantes machines d'épuisement dont on dispose, ces travaux seraient beaucoup moins compliqués, coûteraient moins cher et seraient enlevés plus rapidement.

Le principal souterrain, dont le profil en long est donné par la figure 8 de la planche VIII, a 5,676 mètres de long avec une largeur de 8 mètres. Il se trouve au point de partage du canal, et, si l'on examine la coupe géologique du sol, on reconnaît les terrains suivants :

1° A la surface, une couche de terre à briques *r*.

3° Une couche *p*, de craon ou craie fendillée, présentant d'innombrables fentes, vides ou remplies de terre.

3° Une couche *h*, de craie chloritée, donnant une pierre de taille médiocre.

4° Une couche *d,d* de craie compacte, analogue à la précédente, mais argileuse.

Tout cela constitue un sol très-perméable, et on ne voit guère de ruisseaux au fond des vallons; mais il existe un véritable lac souterrain, une nappe d'eau dont le niveau, variable avec les saisons, suit sensiblement les ondulations du sol. C'est la ligne pointillée (*aa*), qui sur la coupe du tunnel indique le niveau de la nappe; le plafond prévu pour le canal étant dirigé suivant l'horizontale (*o,o*), on voit qu'il est tout entier au-dessous du niveau des eaux, et la hauteur d'eau sur ce plafond vers le milieu du tunnel est de 13 mètres environ; le plafond fut même descendu plus bas et la section approfondie jusqu'à la ligne inclinée (*ii*).

On creusa 54 puits pour attaquer la galerie du tunnel; ces puits sont uniformément espacés de 100 mètres d'axe en axe et leur plus grande profondeur est de 64 mètres, la profondeur des tranchées sur les têtes du tunnel étant de 26 mètres à un bout et de $18^m,50$ à l'autre.

On put descendre quelques-uns de ces puits jusqu'au niveau du plafond et percer de chaque côté une galerie dans l'axe du souterrain; mais, pour la plu-

part, il fut impossible de descendre plus bas que la nappe d'eau, car il se produisait des infiltrations invincibles eu égard aux moyens d'épuisement dont on disposait : aujourd'hui, on installerait quelques machines puissantes, on réduirait considérablement le nombre des puits et l'on arriverait sans peine à se débarrasser des eaux.

En quelques points on exécuta les galeries d'avancement non pas au niveau du plafond du canal, mais à 10 mètres au-dessus et on procéda plus tard à l'approfondissement; mais vers le milieu du souterrain il fallut absolument renoncer à creuser des galeries au-dessous de la nappe d'eau; alors on perça dans la direction du tunnel une galerie qui suivait sensiblement le profil de la nappe et s'inclinait vers les têtes où elle allait rejoindre la galerie d'avancement. On constitua de la sorte une rigole d'écoulement; partant de cette rigole, on exécuta de petites galeries transversales jusqu'à l'aplomb de l'axe du canal, et on descendit alors jusqu'au plafond par des puits verticaux; les épuisements étaient bien plus faciles, parce qu'on n'avait à élever les eaux qu'à quelques mètres de hauteur jusqu'à la rigole d'écoulement, qui les conduisait naturellement aux têtes du souterrain et de là dans les vallées voisines.

Néanmoins, quelques parties résistèrent à ce procédé et ne purent être achevées que lorsque les galeries partant des têtes arrivèrent jusqu'à elles; dans ces galeries on n'était pas gêné par les eaux qui s'en allaient naturellement grâce à la pente du fond.

Le tunnel une fois percé de part en part par une galerie centrale, on élargit rapidement sur toute la section, et cela sans grande difficulté, car le terrain présente en somme une certaine consistance.

Cependant, la nappe d'eau se maintenait toujours à un niveau élevé et, dans la partie centrale de la percée, le plafond de la cuvette ne put être descendu tout d'abord aussi profondément qu'on le voulait. La construction du souterrain eut pour effet de créer à la nappe d'eau (*aa*) un écoulement continu; le niveau de cette nappe s'abaissa peu à peu dans la partie centrale, en se relevant au contraire vers les têtes de manière à prendre la forme (*mm*). Certains puits du voisinage furent taris et durent être creusés plus profondément, tandis que dans d'autres les eaux se maintinrent à un niveau plus élevé qu'autrefois.

Vers 1828, on put déblayer la cuvette jusqu'à la profondeur voulue dans la partie centrale du tunnel; à cet effet, on construisit deux pontons en bois que l'on échouait en travers du souterrain à quelques mètres l'un de l'autre, on bouchait avec de la glaise tous les orifices restant libres au pourtour, et on construisait de la sorte deux batardeaux étanches entre lesquels on pouvait épuiser; on déblayait alors à sec le fond du canal jusqu'à ce qu'on eût atteint la profondeur cherchée.

Le souterrain du Tronquoy donna lieu comme le précédent à de grandes difficultés : lorsqu'on met la craie à nu, elle paraît résistante, mais sous l'influence de l'air et de l'humidité, elle ne tarde point à se déliter et à s'ébouler par masses. L'éboulement se propage jusqu'à la surface du sol, qui se creuse en entonnoir; les eaux pluviales s'accumulent dans cet entonnoir et le mal s'aggrave; si l'on cherche à rétablir la galerie et à déblayer les parties éboulées, le fondis augmente et ne s'arrêterait que lorsque la galerie serait à ciel ouvert. Ce qui a le mieux réussi au canal Saint-Quentin pour remédier à ces accidents, ç'a été de remblayer le fondis et même de créer une légère bosse à la place pour éloigner les eaux et les rejeter au dehors.

Après cette opération préliminaire, on procéda à l'exécution d'une galerie

nouvelle dans l'emplacement effondré en opérant comme le montre la figure 9, planche VIII :

A la base des pieds-droits, on perce deux galeries blindées (*aa*); dans ces galeries on maçonne les pieds-droits et on remblaye tout autour avec des éclats de roches, en laissant subsister une partie du blindage là où on en reconnaît la nécessité : au-dessus des galeries (*a*), on en perce deux autres (*b*) également blindées, dans lesquelles on maçonne le reste du pied-droit et la naissance de la voûte en se servant comme cintre d'un remblai convenablement profilé; les reins de la voûte s'exécutent de même dans les galeries (*c*,*c*) superposées aux précédentes. Reste à fermer la voûte à la partie haute; on y arrive en perçant des galeries blindées transversales (*dd*) qui réunissent de place en place les galeries longitudinales (*cc*); un remblai dressé à cet effet sert de cintre, on bourre au-dessus des maçonneries des éclats de roches, et on enlève les blindages.

Après un temps assez long pour que les mortiers aient fait prise et que les maçonneries soient arrivées à une solidité convenable, on vient enlever tout le remplissage intérieur de la voûte et cette opération s'exécute simplement et rapidement.

On avait espéré d'abord que l'on pourrait se dispenser de voûter en totalité les souterrains du canal de Saint-Quentin; mais on fut bien obligé de le faire plus tard, car les roches se désagrégeaient à l'air et l'on pouvait craindre des éboulements considérables.

Les procédés que nous venons de décrire ont été mis en œuvre pour la construction de la galerie souterraine de 6,000 mètres de longueur, destinée à conduire au canal de Saint-Quentin les eaux du Noirieu.

Le grand tunnel de Riqueval de 5,675 mètres de long est revenu à 700 francs le mètre courant.

TUNNEL DU CANAL DE BOURGOGNE (POUILLY).

Le tunnel construit, près de Pouilly, pour le passage du canal de Bourgogne, commencé en 1824 et terminé 7 ans après, a une longueur de 3,330 mètres et une largeur de $6^m,20$; il traverse des marnes schisteuses dépourvues d'eau, et le calcaire à gryphées qui renferme un peu d'eau.

Le sommet de la montagne traversée est à 55 mètres au-dessus du souterrain, mais cette hauteur va rapidement en diminuant à mesure qu'on s'éloigne de la partie centrale.

On a jalonné sur le sol deux lignes parallèles passant à l'aplomb des pieds-droits du souterrain projeté et sur chaque ligne on a creusé 16 puits descendant jusqu'au niveau du fond du tunnel; les puits de chaque ligne sont à 200 mètres l'un de l'autre, et deux puits consécutifs pris successivement sur chaque ligne ne sont qu'à 40 mètres ou à 160 mètres de distance, en projection sur le profil en long.

Les figures 10 à 14 de la planche VIII représentent les diverses périodes de la construction.

Première période, figure 10. Les puits étant creusés, on place dans chacun deux fils à plomb, marquant l'alignement du tunnel et reportant cet alignement au fond du puits; dans la direction ainsi obtenue on creuse les deux galeries

(*aa*) de $2^m,60$ de hauteur et de 2 mètres de largeur, qui traversent le souterrain de part en part; lorsqu'elles sont achevées, on en vérifie la direction et on la rectifie s'il y a lieu. Il va sans dire que ces galeries sont blindées partout où cela est nécessaire.

Deuxième période, figure 11. A partir des galeries (*aa*), on exécute des galeries ascendantes à pente douce, qui conduisent le mineur jusqu'au cerveau de la voûte, où il creuse une troisième galerie longitudinale *b*

Troisième période, figure 12. C'est par cette galerie qu'on commence l'abatage en grand; on élargit de part et d'autre de la galerie (*b*) sans toucher à la partie centrale ou stross (*d*). L'élargissement ne se fait pas d'une manière continue, mais on n'attaque à la fois que des longueurs de 3 mètres, entre lesquelles on laisse des parties pleines de même longueur; dans les parties creusées le terrain est soutenu par des étais (*h*).

Quatrième période, figures 14 et 15. On substitue aux étais des cintres dont les semelles trouvent un point d'appui sur le stross, et on maçonne les portions de voûte dans les parties excavées. Lorsque deux portions voisines sont construites, laissant entre elles une partie pleine, on enlève ce massif intermédiaire, on transporte un des cintres, et on raccorde les maçonneries précédentes.

L'écoulement des eaux se fait à la base des pieds-droits, dans une rigole couverte en planches.

Le stross est enlevé après l'achèvement complet des maçonneries.

Le système que nous venons de décrire prête à la critique. D'abord, il était inutile de construire deux lignes de puits; mieux valait, à l'emplacement des puits de l'une des lignes, réunir les deux galeries (*a*) par une galerie transversale : le service des deux galeries (*a*) eût été fait par un seul puits.

Ensuite, il est certain qu'en creusant des galeries (*a* et *b*) de petite section, dont la longueur totale est triple de celle du souterrain, on a dépensé beaucoup plus, que si l'on avait ouvert la seule galerie (*b*) au cerveau de la voûte, que l'on eut ensuite abattu en grand et construit les pieds-droits en sous-œuvre. Les ateliers se suivent alors et s'étagent régulièrement, sans se gêner comme ils devaient le faire au canal de Bourgogne.

Il faut reconnaître cependant que les dispositions adoptées étaient ingénieuses et évitaient presque toutes chances d'accidents, d'autant plus qu'il s'agissait de terrains de bonne consistance.

Le tunnel de Pouilly est revenu à 2,000 francs le mètre courant.

TUNNEL DU CANAL DE CHARLEROY.

Le tunnel exécuté, de 1828 à 1832, près de Charleroy, pour le passage du canal de Bruxelles à Charleroy, a 1,288 mètres de longueur sur $4^m,30$ de largeur. La plus grande distance entre la surface du sol et le plafond du canal souterrain n'est que de 36 mètres, et la largeur de l'excavation avant le muraillement était de $5^m,70$.

La description de ce travail est donnée dans le cours de navigation de M. Minard, inspecteur général des ponts et chaussées, à qui nous empruntons les figures 11 à 13 de la planche IX.

On commença le percement par les têtes; on rencontrait un terrain de sable

gris peu argileux très-ferme et le travail avançait sans difficulté, le muraillement suivant le déblai ; mais on ne tarda pas à couper une mince couche aquifère de sable fluide ; l'eau et le sable mélangé s'écoulaient dans l'excavation et il était impossible d'avancer.

A ce moment, la hauteur du terrain superposé n'étant pas trop considérable, on eut l'idée d'exécuter le tunnel à ciel ouvert ; on creusait donc une tranchée sur 10 mètres de longueur, avec des talus à 1 de base pour 2 de hauteur, et on la descendait jusqu'à la naissance de la voûte ; sur le terrain solide, on posait un cintre et on maçonnait la voûte ; puis on exécutait en sous-œuvre, à l'emplacement des pieds-droits, deux étages successifs de galeries blindées dans lesquelles on maçonnait les pieds-droits. Le massif restant entre les pieds-droits était ensuite enlevé et l'on construisait un radier en voûte renversée.

Mais les tranchées profondes à talus rapides ne pouvaient se maintenir longtemps, et il fallait opérer rapidement pour les remblayer au plus vite ; les remblais pesaient lourdement sur la voûte dont on fut forcé de porter l'épaisseur de $0^m,70$ à $1^m,16$.

Enfin, quand la hauteur du terrain superposé devint trop considérable, il fallut bien abandonner les tranchées : on prolongea alors la partie déjà construite du tunnel de la manière indiquée par les figures 11 à 13 de la planche IX.

En avant de la voûte et à son sommet, on creusait une petite galerie blindée d'environ $1^m,50$ de long : le toit était soutenu par des chapeaux *b*, s'appuyant d'un bout sur la partie de voûte déjà faite et d'autre bout sur des poteaux *ii*. Cette galerie achevée, on l'élargissait de chaque côté, en allant progressivement et soutenant le toit par un blindage, reposant sur des chapeaux *b*, engagés à un bout sur la voûte et à l'autre sur des étais en éventail *r*. La paroi verticale au fond de l'élargissement était maintenue par un garnissage en pailles et branchages appliqué derrière les étais.

Alors on plaçait un nouveau cintre *k* à environ un mètre au delà du dernier cintre (*m*) encore sous la voûte ; deux maçons se tournant le dos exécutaient la voûte (*p*) en menant de front les trois rouleaux de briques ; pour clore la voûte et poser les pierres de la clef, un maçon se plaçait dans la niche (*q*) ménagée à l'avant et pouvait ainsi maçonner sur le cintre.

On abandonnait les chapeaux (*b*) entre les intervalles desquels on maçonnait ; on recommande, en général, de ne pas abandonner de bois sur les voûtes, d'abord parce que c'est une dépense, mais surtout parce que ces bois en pourrissant créent des excavations susceptibles de déterminer un éboulement brusque. Cependant l'abandon des chapeaux au canal de Charleroy n'a pas entraîné de conséquences fâcheuses.

La voûte construite, il fallait enlever le massif central et exécuter les pieds-droits. Le massif fut déblayé sur toute la largeur du souterrain, mais en deux étages *t* et *o* ; on n'avançait que d'un mètre à la fois à chaque étage en soutenant par des étais la maçonnerie supérieure ; on exécutait sous cette maçonnerie un mètre courant de pieds-droits, puis on recommençait à déblayer.

A chaque étage, le service était fait par une voie ferrée avec wagonnets.

Après les pieds-droits, on maçonnait le radier en voûte renversée *s*, ainsi que la banquette de halage placée sur un côté de la section.

Le mètre courant du tunnel de Charleroy est revenu à 1,240 francs.

TUNNEL DE SAINT-CLOUD.

Le tunnel de Saint-Cloud fut construit en 1837, pour le passage du chemin de fer de Paris à Versailles ; il a 505 mètres de longueur, $7^m,40$ de large, et sa profondeur maxima au-dessous du sol est de 35 mètres. Il a été exécuté en treize mois dans un terrain composé de marnes et de gypse.

La coupe longitudinale du terrain est représentée par la figure 5 planche IX. Au-dessous de la terre végétale (*a*), on trouve le sable *b*, puis des marnes peu consistantes (*c*), et, enfin, le gypse ou pierre à plâtre (*d*). On a percé dix puits latéraux, à 11 mètres de distance de l'axe du souterrain; au-dessus de chaque puits était un treuil abrité par un bâtiment provisoire en planches. La section horizontale d'un puits était de $2^m,70$ sur $1^m,85$.

La construction a compris les périodes suivantes :

Première période, figure 1. — Percement à la partie supérieure de l'excavation projetée d'une galerie longitudinale de 2 mètres sur 2 mètres, blindée plus ou moins vigoureusement suivant la consistance du terrain. Une fois la galerie ouverte entre les deux têtes, il a été facile de vérifier et de rectifier l'alignement.

Deuxième et troisième périodes, figure 2. — Exhaussement et élargissement de la galerie précédente de manière à reporter le toit de l'excavation au-dessus de l'extrados de la voûte future. Puis élargissement de la galerie (*y*) à droite et à gauche, jusqu'aux naissances de la voûte en supportant les terres par des fermes en charpente composées d'étais en éventail.

Quatrième période, figures 3 et 4. — Entre les fermes d'étais, désignées par les lettres (*g*) sur la coupe longitudinale, on place les fermes des cintres dont les semelles *x* s'appuient sur le stross (*h*). Au bout des semelles (*x*), on voit les échantignolles (*a*) surmontées de trois semelles longitudinales *ii*, au-dessus desquelles on va construire les retombées de la voûte. Les fermes des cintres une fois posées, on soutient le blindage du toit par des étais inclinés (*d*, *d*) et on enlève les étais en éventail (*g*). On peut alors maçonner la voûte en allant des naissances vers la clef, et posant les couchis au fur et à mesure que cela est nécessaire; les maçons travaillant de chaque côté se tournent le dos, ils enlèvent successivement les étais qui s'appuient sur les cintres, exécutent la chape en ciment à l'extrados de la voûte et comblent avec des éclats de pierres les vides qui peuvent rester au-dessus de l'extrados. Pour fermer la voûte, les maçons montent sur l'échafaudage (*r*), et, lorsqu'il n'y a plus que la clef à poser, afin de procéder commodément à cette opération, on place sur des taquets fixés aux cintres des poutrelles longitudinales qui reçoivent des couchis transversaux, profilés suivant la courbe d'intrados; le maçon ferme ainsi la voûte en reculant sur l'échafaudage (*r*) et posant successivement les couchis spéciaux.

Cinquième période, mêmes figures.—On creuse à l'emplacement des pieds-droits deux galeries longitudinales, en soutenant les échantignolles (*a*) par des pièces inclinées (*b*); on maçonne les pieds-droits en commençant par le bas, et lorsque les pièces (*b*) viennent à gêner, on les enlève après avoir préalablement soutenu les semelles *i* par des poteaux (*p*); à ces poteaux, on en substitue d'autres de moin-

dre longueur, puis on raccorde le pied-droit et la voûte en enlevant d'abord la semelle du fond *i* et les deux autres successivement.

La voûte et les pieds-droits achevés, l'enlèvement du stross (*h*) n'est qu'une affaire de quelques jours.

La dépense par mètre courant du souterrain de Saint-Cloud a été de 2,180 fr., et elle se décompose comme il suit :

	Francs.
Terrassements.	468,43
Charpente.	693,22
Maçonnerie.	799,88
Épuisements.	78,17
Frais généraux de toutes natures.	140,52
Total égal. . . .	2180,02

Les journées des terrassiers étant comptées à 3 francs, celles des charretiers à 2^{f},50 et celles des chevaux à 6 francs, le mètre cube de déblai amené sur le sol près du puits revenait à 4 francs pendant le jour et 5 francs pendant la nuit. Le prix de la maçonnerie de moellon et de mortier de chaux hydraulique a été de 33 francs le mètre cube.

TUNNEL DE CHALIFERT.

Le souterrain de Chalifert, construit vers 1840, livre passage au canal de Meaux à Chalifert, destiné à rectifier le cours sinueux de la Marne ; il n'a que 290^{m},55 de longueur, mais sa section transversale a de grandes dimensions, c'est un plein cintre de 4^{m},50 de rayon, soutenu par des pieds-droits verticaux ; la largeur libre de neuf mètres comprend une cuvette de huit mètres et une banquette de halage de un mètre. La distance entre la clef et le plafond est de 7^{m},60.

La coupe géologique du terrain montrait une succession de couches assez minces de marnes, de calcaires, de sables et de grès. Pour éviter la couche des sables moyens, qui, lorsqu'ils sont mouillés et ébranlés, deviennent d'une fluidité exceptionnelle, on abaissa de trois mètres le plafond du souterrain.

A la base du travertin inférieur, et au-dessus de la percée, dans la coupe géologique de Chalifert, on trouve une couche assez puissante de marne verdâtre, bonne terre à briques, absolument imperméable ; si cette couche n'eût pas été percée par les puits de sonde, elle eût constitué une excellente chape naturelle pour la voûte du tunnel ; une fois percée, elle livra passage à toutes les eaux du terrain perméable supérieur, et il en résulta de grandes difficultés dans l'exécution.

M. l'ingénieur Krantz, dans une excellente notice insérée aux *Annales des ponts et chaussées* de 1848, a décrit avec détails le système de construction auquel on a eu recours pour le souterrain de Chalifert. Nous empruntons à cette notice les lignes suivantes, ainsi que les figures de la planche X.

Système suivi pour la construction. — L'exécution du souterrain a présenté deux périodes bien distinctes, l'une comprenant la construction de toutes les maçonneries situées au-dessus du chemin de halage, l'autre la reprise en sous-œuvre des pieds-droits sur 2^{m},30 de hauteur et l'établissement du chemin de

halage lui-même. Je vais successivement décrire les opérations diverses qui les composent.

PREMIÈRE PÉRIODE. — *Construction de la voûte et de la partie des pieds-droits situées au-dessus du chemin de halage.*

Cette partie du travail s'est subdivisée en quatre opérations :

1° Construction des pieds-droits et des naissances de la voûte;
2° Construction des reins;
3° Construction de la clef et des parties adjacentes;
4° Enlèvement du massif central.

Je suivrai dans la description de ce travail l'ordre même de l'exécution :

1° Pour construire la naissance et les pieds-droits de la voûte, on a commencé par ouvrir dans l'emplacement de ces derniers deux galeries parallèles ayant 3m,15 de largeur, 5m,50 de hauteur moyenne, et laissant entre leurs faces intérieures un massif de terre de 5m,90 d'épaisseur ; ces galeries ont été ouvertes simultanément aux deux extrémités du souterrain. Quand elles ont eu environ 30 mètres de longueur, on a commencé à y faire les maçonneries; d'abord les pieds-droits sur une hauteur de 0m,80, puis les retombées de la voûte jusqu'à une hauteur de 2m,25 au-dessus des naissances. Pour ce travail, on ne s'est pas servi de cintres et de couchis, mais seulement de vaux convenablement disposés de distance en distance et au moyen desquels les maçons ont pu donner à la douelle de la voûte la forme projetée.

Les maçonneries terminées, la galerie s'est trouvée réduite à une largeur libre de 1m,50, et comme en certains points les terres du massif central ont poussé au vide, il a fallu, pour les maintenir, placer dans cet espace déjà si rétréci des poteaux montants et des traverses qui l'ont réduit à une largeur de 1m,20 au plus.

La figure 5 de la planche X représente les galeries avant l'exécution des maçonneries, et la figure 6 les représente après l'exécution des pieds-droits et des naissances.

Cette première opération a été exécutée par deux ateliers, l'un de mineurs qui prenait les devants, et l'autre de maçons qui suivait toujours à une douzaine de mètres en arrière. Les déblais fournis par la fouille et les matériaux nécessaires pour les étais et les maçonneries n'ont eu pour se mouvoir d'autre chemin que la galerie qui, à son extrémité, n'avait pas plus de 1m,20 de largeur, et dans laquelle il était par conséquent impossible de faire tenir deux voies de chemin de fer. De là résultait que le transport des terres suspendait forcément l'arrivage de la pierre et du mortier, comme aussi le transport et le déchargement de ces derniers matériaux rendaient impossible la sortie des déblais. Les deux ateliers de mineurs et de maçons se trouvaient tellement dépendants l'un de l'autre, qu'ils s'excluaient complétement, et que chacun d'eux ne pouvait travailler qu'à la condition que l'autre se reposât. Nous allons voir cette fâcheuse dépendance devenir encore plus étroite et plus féconde en entraves pour les ateliers suivants :

2° La galerie et le pied-droit qui venaient à la suite étant suffisamment avancés, on dut songer à construire les reins de la voûte. Dans la première opération,

que nous venons de décrire comme on exécutait les maçonneries sans se servir de cintres, on ne pouvait les élever qu'à une hauteur telle que l'on n'eût à craindre ni glissement ni tendance au renversement vers l'intérieur de la galerie. Limitée par cette considération, la maçonnerie avait été arrêtée à 2^m,15 au-dessus des naissances. Il s'agissait ensuite de construire les reins sur une hauteur de 2 mètres et une longueur à l'intrados de 2^m,40 environ. Pour cela, on élargissait la galerie à sa partie supérieure et vers l'intérieur du souterrain, de manière à faire la place des maçonneries qui devaient y être mises. Les parois de cette excavation étaient soutenues par des étais horizontaux reposant sur les terres placées derrière le pied-droit et sur le massif réservé à l'intérieur du souterrain. Ce travail d'élargissement et de blindage était fait par un second atelier de mineurs. Dans la partie restée libre de la première galerie, on plaçait des chevalets destinés à supporter l'extrémité inférieure d'un premier cours de vaux, dont la partie supérieure était soutenue au moyen d'un petit poteau montant appuyé sur le massif central. Sur cette portion de cintre ainsi établie, on disposait les couchis au fur et à mesure de l'exhaussement des maçonneries. Le deuxième atelier de maçons se mettait à l'œuvre quand le deuxième atelier de mineurs avait pratiqué sur une dizaine de mètres l'évidement supérieur à la première galerie.

La figure 7, planche X, représente l'évidement pratiqué et le cintre placé.

La figure 8 montre l'état d'avancement des maçonneries à la fin de cette seconde opération.

Je dois faire ici la même réflexion que précédemment. Lorsque l'atelier n° 2 de mineurs se mettait à la besogne, les terres qu'il détachait de l'évidement tombaient dans la portion restée libre de l'ancienne galerie et interceptaient la communication jusqu'à ce qu'elles eussent été reprises à la pelle, chargées dans les brouettes et entraînées hors du souterrain. De là, pour les ateliers n° 1 de maçons et de mineurs placés en avant de la galerie, nécessité d'interrompre leur travail, ou bien de travailler sans communication avec l'extérieur, c'est-à-dire pour les mineurs, de détacher quelques terres et de les placer en dépôt derrière eux dans la galerie déjà ouverte, et, pour les maçons, d'user les matériaux qui leur avaient été précédemment apportés. On conçoit quelles difficultés et quels retards devait causer cette mutuelle dépendance de divers ateliers, et je n'ai pas encore tout dit, car l'atelier n° 2 de maçons exerçait sur les trois ateliers qui le précédaient la même sujétion. J'ajouterai encore que les maçons qui construisaient les reins recevaient leurs matériaux au moyen de transports à bras exécutés par des hommes placés sur des échelles, ce qui, en raison de l'espace rétréci dont on disposait, était lent et pénible.

3° Après cette seconde phase du travail, et lorsque des deux côtés de la voûte on avait construit les reins, il ne restait plus entre les deux portions de maçonnerie qu'un intervalle de 5 mètres environ, mesurés à la partie supérieure et à l'intrados. L'évidement de cet intervalle et la construction de la maçonnerie constituaient la troisième opération que l'on avait à accomplir pour achever la portion de la voûte située au-dessus du chemin de halage.

L'atelier n° 3 de mineurs déblayait cet évidement sur une hauteur de 2^m,50 environ et une longueur de 3 mètres. Les terres provenant de la fouille étaient jetées dans la galerie inférieure, où elles étaient reprises à la pelle, chargées dans des wagons et conduites hors du souterrain.

Les parois de l'excavation étaient soutenues par des blindages appuyés d'une part sur le massif central, de l'autre sur les portions de maçonneries déjà construites.

Deux trapèzes juxtaposés et formés chacun de deux poteaux montants reposant sur des semelles, d'un entrait horizontal destiné à maintenir l'écartement de ces poteaux, et enfin d'un vaux incliné, constituaient les cintres dont la figure 4, planche X, représente la disposition.

L'atelier n° 3 des maçons se plaçait, partie d'un côté de l'axe, partie de l'autre, et posait ses couchis au fur et à mesure de l'avancement des maçonneries. Quand il ne restait plus entre les deux portions de maçonneries qu'un espace libre de 0m,50 environ, le travail changeait de face. Au lieu de continuer à mettre les couchis dans le sens de l'axe du souterrain, on les plaçait dans une direction perpendiculaire, en les appuyant non plus directement sur les cintres, mais sur les deux derniers couchis placés de chaque côté, et que l'on avait, à cet effet, entaillés à mi-bois. C'est la disposition qui est généralement usitée dans les travaux de ce genre. Le seul maçon qui pouvait alors travailler s'avançait d'une extrémité à l'autre des bandeaux de voûte, et posait la clef en se retirant. La figure 4 nous montre l'état de la voûte après cette troisième opération et avant l'enlèvement des cintres.

L'apport à pied-d'œuvre des matériaux destinés aux maçons a présenté une difficulté que je dois signaler. Ainsi que le montre la figure 4, l'espace réservé entre l'angle supérieur du massif central et les couchis des reins de la voûte n'était pas de plus de 0m,50. Les ouvriers chargés de matériaux étaient obligés de passer en se courbant dans cet espace trop réduit, et les dangers que leur faisait courir cette fausse position étaient encore aggravés par ce fait que leurs pieds reposaient sur les derniers barreaux d'une échelle, et à plus de 3 mètres au-dessus du sol de la galerie.

Ce que j'ai dit précédemment au sujet de l'encombrement causé par le travail des ateliers n° 2 de mineurs et de maçons peut encore être répété pour le travail des ateliers n° 3. L'embarras de la voie était même encore plus grand par cette double raison que la charge des terres déblayées était plus difficile, et surtout que le transport des moellons et du mortier au-dessus du massif central se faisait plus lentement. Les conséquences étaient les mêmes ; le travail des ateliers nos 1 et 2 était entièrement subordonné à celui des ateliers n° 3, ce qui provoquait des intermittences continuelles, et par suite des lenteurs, des irrégularités, et, en fin de compte, des pertes de temps et d'argent. Cet inconvénient a même été assez grave, malgré le peu d'activité des travaux pour que l'on ait jugé nécessaire d'ouvrir de distance en distance, sous le massif central, des rameaux destinés à mettre en communication les deux galeries latérales, et à leur permettre de se suppléer mutuellement en cas d'encombrement. Mais ce moyen ne pouvait guère servir que de palliatif et n'obviait pas complétement au vice radical que présentaient le malencontreux agencement et la mutuelle dépendance des divers ateliers.

L'espace laissé libre entre les parois extérieures de l'excavation et la maçonnerie a été rempli, partie en moellons semblables à ceux qui entraient dans la construction de la voûte, partie en crayon, c'est-à-dire en calcaire tiré des fouilles mêmes. L'emploi de cette dernière espèce de matériaux a eu des conséquences très-fâcheuses. Le crayon, décomposé par l'humidité, s'est écrasé, a occupé un volume moindre qu'au moment de son emploi, et a laissé au-dessus de la maçonnerie des vides qui se sont remplis aux dépens des terres voisines et ont provoqué dans celles-ci des mouvements dangereux. Certainement il eût mieux valu, sans même faire la part de l'économie qui en serait résultée, n'employer, pour remplir cet espace, que des matières terreuses ou le sable que l'on trouvait par-

tout en abondance. Le sable ou la terre comprimée ne se fussent pas réduits de volume comme ces moellons de crayon qui, au moment de leur emploi, contenaient la moitié de vides.

Une faute qui a été également commise, et qui, à mon avis, n'a pas été sans influence sur les accidents dont j'aurai à rendre compte dans le cours de cette note, est l'incomplet enlèvement des étais qui supportaient les parois des excavations. Ces étais ont été pour la plupart sciés au niveau extérieur de la maçonnerie, et la partie qui en est restée, placée verticalement ou rayonnant vers l'axe du souterrain, s'est trouvée pressée debout par les terres sur l'extrados de la voûte qu'elle a entamée en divers points.

Je reviendrai plus en détail sur ces diverses critiques ; en ce moment je reprends l'exposition du système de construction du souterrain.

4° L'enlèvement du massif central des terres clôt la première des deux périodes dans lesquelles j'ai dit que le travail total avait été décomposé. Cette quatrième opération n'a rien présenté de particulier. Elle s'est effectuée comme se font en toutes circonstances des déblais et des transports de terre, et ne saurait donner lieu à aucune remarque.

DEUXIÈME PÉRIODE. — *Reprise en sous-œuvre et achèvement des pieds-droits.*

Pour faciliter le transport des terres, on a commencé par descendre à 1 mètre en contre-bas du chemin de halage la fouille des terrains situés dans l'emplacement du massif central ; on a de plus ouvert deux fossés pour donner écoulement aux eaux. Bien que ces détails ne soient pas nécessaires à l'intelligence de ce qui va suivre, je les donne afin de faire comprendre la disposition de la figure 3, qui représente le mode d'exécution employé pour la seconde période du travail.

A partir du niveau du chemin de halage, les couches de terrain que l'on rencontre offrent une consistance assez grande pour pouvoir, étant bien revêtues et mises à l'abri de l'air et de l'eau, supporter le poids des maçonneries supérieures et faire en partie l'office de pieds-droits. Aussi a-t-on jugé convenable de ne pas les remplacer entièrement par de la maçonnerie et de composer les pieds-droits de la manière suivante : des revêtements ou placages de 3 mètres de long et de $0^m,60$ d'épaisseur comptés à partir du parement, puis des éperons de 2 mètres de longueur et de $1^m,65$ d'épaisseur ; placages et éperons se succédant toujours dans le même ordre, de telle sorte que chaque placage était encadré entre deux éperons, et réciproquement. Aux épaisseurs que je viens d'indiquer il faut ajouter celle de 1 mètre pour le chemin de halage, du côté où il régnait. Les pieds-droits ainsi composés descendaient jusqu'à $0^m,60$ en contre-bas du plafond du souterrain. La nature du sol a fait penser qu'une plus grande profondeur de fondation était superflue.

Pour exécuter les pieds-droits dont je viens d'indiquer la forme et les dimensions, on a pris les dispositions suivantes : on a tracé, à partir de la tête, l'emplacement de tous les éperons, et on les a numérotés. Puis, à partir de l'extrémité, on a attaqué ceux qui portaient des numéros impairs. Ceux-là terminés, on est passé aux numéros pairs. Après ceux-ci on a exécuté les placages dans le même ordre. Le but de cette disposition était d'opérer partiellement la reprise en sous-œuvre de la voûte, de telle sorte que chaque partie en construction se trouvât placée entre deux parties reposant sur des terres vierges ou sur de la

maçonnerie déjà exécutée. Par ce moyen un accident, survenu dans une de ces reprises, ne compromettait rien, et le bandeau de voûte dans lequel il avait lieu, soutenu latéralement par deux bandeaux bien appuyés, ne courait aucun risques Cette succession et cet ordre étaient, à vrai dire, ce qu'il y avait d'essentiel dan. le mode de reprise en sous-œuvre. Cependant la fouille et la construction des maçonneries de chaque éperon exigeait aussi quelques précautions. Pour exécuter l'excavation dans laquelle on devait construire chaque portion des pieds-droits, on commençait par faire, à l'endroit où cessait la maçonnerie, une entaille horizontale de $0^m,30$ de hauteur, et d'une profondeur égale à partir du parement; cette entaille était prolongée de manière à déborder de $0^m,40$ environ, en longueur, le placage ou l'éperon que l'on voulait construire; puis on y plaçait une pièce de bois de $0^m,20$ d'équarrissage que l'on calait bien par ses extrémités, de manière à ce qu'elle fût encastrée dans le terrain. Enfin, au moyen de coins de bois, on faisait reposer le parement sur cette poutre horizontale. Cela fait, à l'aplomb de cette poutre et à $0^m,80$ de ses extrémités, on ouvrait deux tranchées verticales, dans lesquelles on plaçait des jambes de force reposant à leur partie inférieure sur des semelles et supportant la poutre horizontale à leur partie supérieure. On obtenait ainsi un cadre qui, soutenant la maçonnerie, permettait de pousser sans danger l'excavation jusqu'à $0^m,80$ de profondeur à partir du parement. Arrivé à ce point, on plaçait un second cadre qui ne différait du premier qu'en ce que le poteau horizontal ne dépassait pas la longueur de l'éperon à construire. Sa mise en place s'opérait de la même manière, et elle était suivie de l'achèvement de l'excavation.

Quand on avait à construire un placage, on se contentait d'un seul cadre placé à l'aplomb du parement intérieur.

L'évidement fait, la maçonnerie se construisait sans aucune difficulté et n'exigeait pas d'autre précaution spéciale que la mise au vif et le lavage des parties d'anciennes maçonneries avec lesquelles elle devait se raccorder. Cette précaution essentielle est fort difficile à obtenir des ouvriers, si l'on n'y veille pas de très-près; je n'ai pas besoin de dire que, dans la construction des parties supérieures, la même précaution était impérieusement exigée, et que l'on ne laissait mettre un atelier de maçons à l'œuvre qu'après avoir vérifié si les parties de vieilles maçonneries, sur lesquelles ils devaient construire, étaient mises à vif, le mortier gratté avec soin et toute la surface abondamment lavée.

L'enlèvement du massif sur lequel reposait le chemin de fer terminait la seconde période du travail et complétait l'ouverture du souterrain. Ce massif a été enlevé à partir du milieu en allant vers chaque extrémité et les terres qui le composaient ont été jusqu'au dernier moment transportées au moyen du chemin de fer lui-même.

Le mode de construction que je viens de décrire n'a été appliqué qu'à la partie intérieure du souterrain. Les têtes et une certaine longueur de voûte y attenant ont été faites à ciel ouvert. Par suite des éboulements successifs qui ont eu lieu, les tranchées ouvertes aux deux extrémités ont été prolongées plus loin qu'on ne le voulait, et les portions de voûte qu'elles ont servi à construire n'ont pas eu moins de $15^m,20$ à l'aval et 20 mètres à l'amont. Ces éboulements, surtout ceux d'amont, ont été dus à la très-grande inclinaison des diverses couches de terrains et aux nombreuses nappes de marne qu'elles contenaient, lesquelles, presque toujours mouillées, offraient une surface de glissement sur laquelle les terres s'ébranlaient aussitôt qu'on les avait coupées par le pied.

Avantages et inconvénients du système de construction adopté.

Le système de construction que je viens de décrire présentait, en regard de quelques avantages, de nombreux inconvénients que l'on a dû saisir à la seule lecture de ce qui précède; je crois devoir toutefois les mettre plus en relief, par une critique spéciale. L'histoire des erreurs est, en toutes choses, surtout en ce qui concerne l'art des constructions, infiniment plus instructive que l'exposé des *procédés heureux*. On me pardonnera donc d'insister spécialement sur les vices du système que je viens de décrire et de les critiquer avec une sévérité d'autant plus grande que je suis disposé à faire égale justice des fautes qui me sont personnelles, et de celles qui me sont étrangères, et que je me trouverai très-heureux, si ce public examen épargne à quelques-uns de mes camarades les erreurs dans lesquelles nous sommes tombés. C'est là, à vrai dire, le seul but de cette note.

Nous avons vu que, pour construire la voûte, on n'avait pas eu à ouvrir dans le terrain des évidements ayant plus de $3^m,15$ de largeur, évidements pour lesquels il est presque toujours très-facile de composer, sans grands frais, un blindage suffisamment résistant. C'est un avantage notable, surtout pour des souterrains aussi larges que celui de Chalifert.

La construction de la voûte, ramenée à celle de petites portions de maçonnerie, n'a pas exigé de cintres complets. Les vaux, appuyés sur des poteaux montants ou des chevalets, ont suffi pour la construction et ont constitué les cintres les plus économiques qu'il soit possible de concevoir.

Ainsi, ramener l'évidement du souterrain à l'ouverture successive de galeries étroites et partant sans danger, faire des cintres et des étais économiques, tel est le double but que l'on paraît s'être proposé en adoptant le système que nous avons décrit, tel est du moins le double avantage qu'il présente.

Les galeries dans lesquelles on construisait les pieds-droits étaient-elles bien droites, bien équidistantes, bien parallèles à l'axe du souterrain? On n'avait aucun moyen pratique et commode de s'en assurer, et cependant c'était la condition première et essentielle de la bonne construction de la voûte. Aussi il est arrivé qu'en certains points, les pieds-droits ont été trop rapprochés, qu'ils ont été trop éloignés en d'autres; en un mot, qu'ils ont présenté dans leur direction des irrégularités notables.

Je me hâte d'ajouter que, sans changer essentiellement le système de construction, on pouvait éviter ce défaut. Il suffisait pour cela de percer tout d'abord les deux galeries d'une extrémité à l'autre, ce qui permettait de vérifier leur direction et leur parallélisme avant de commencer les maçonneries.

Les cintres formaient un polygone curviligne de six côtés, sans assemblages triangulaires. Or chacun sait que, si bien qu'elle soit réunie, une semblable charpente se prête à déformation, que ses angles varient avec la pression qu'elle subit, et qu'elle peut prendre toutes les formes compatibles avec le maintien d'un périmètre constant. Construites à l'aide de ces cintres, toutes les portions de voûtes sont isopérimètres à partir des naissances, mais rien ne dit qu'elles soient des demi-cercles; il est même facile de prouver qu'elles n'en sont pas : selon que, par suite du mode de construction des galeries, les pieds-droits ont été trop rapprochés ou trop écartés, la voûte est devenue *surélevée* ou *surbaissée*. Ce n'est pas tout : dans les points où le terrain a pesé fortement sur la maçonnerie, et

où en même temps le massif central sur lequel reposait, au moyen de poteaux, le milieu de la voûte n'a pas eu une consistance suffisante, la clef est descendue ; par contre, les reins ont dû un peu se relever, et la voûte a subi une déformation très-sensible. Tous ces défauts, dont la cause essentielle est la vicieuse construction des cintres, se sont présentés en cours d'exécution.

On entend par déblais de sujétion ceux qui s'exécutent dans des espaces assez rétrécis pour que l'ouvrier soit gêné dans ses mouvements. On donne, pour l'exécution de ces déblais, une *prime* représentant les difficultés spéciales du travail et variable avec elles.

Ici la prime était de la moitié du prix habituel de fouille, et peut-être, en considération de la gêne que les ouvriers éprouvaient à travailler dans les galeries des reins et de la clef, n'était-elle pas assez forte. Ces déblais de sujétion ne sont pas seulement plus dispendieux que les autres, ils sont aussi plus longs à exécuter. On doit donc, pour raison d'économie, de temps et d'argent, chercher à les réduire autant que possible et regarder comme défectueux tout système qui les multiplie au delà de ce qui est strictement nécessaire. Or, au souterrain de Chalifert, ils ont formé, à peu de chose près, le tiers de la masse totale, ce qui selon moi, est beaucoup trop.

Aucun prix de *sujétion* n'était donné pour les maçonneries, et cependant celles qui constituaient les reins et la clef de la voûte présentaient, surtout pour l'apport des matériaux, des difficultés inusitées. Je dois encore signaler dans ce fait un inconvénient sérieux qui, s'il ne s'est pas traduit en excédant de dépense pour l'administration, a souvent amené des imperfections dans l'exécution du travail.

J'ai dit précédemment quels embarras et quelles lenteurs entraînait le malheureux agencement des ateliers. Cette dépendance forcée excluait toute régularité dans le service et partant toute promptitude et toute économie.

Enfin j'ajouterai que les galeries qui servaient de grand chemin pour le transport des terres et l'apport des matériaux étaient beaucoup trop étroites. Un homme chargé pouvait à peine y passer, et il n'était pas possible d'y placer plus d'une voie de chemin de fer et de se servir de wagons larges et commodes.

Ainsi, en récapitulant, je trouve que le système de construction adopté pour le souterrain de Chalifert offre l'avantage de n'exiger que des évidements peu considérables et de n'employer que des cintres et des étais fort économiques.

Mais, d'un autre côté, il présente les défauts suivants :

1° De ne pas assurer une exécution correcte des maçonneries de la voûte ;
2° De ne permettre que l'emploi de cintres sujets à déformation ;
3° D'augmenter le cube des déblais de sujétion ;
4° De rendre fort difficile l'exécution des maçonneries des reins et de la clef ;
5° De rendre tous les ateliers dépendants les uns des autres ;
6° De les desservir tous par des galeries étroites et insuffisantes.

En perçant les galeries d'une extrémité à l'autre du souterrain avant de commencer l'exécution des maçonneries, ce qui ne modifierait pas essentiellement le système que je viens de décrire, on ferait disparaître le premier défaut signalé plus haut et on amoindrirait beaucoup le cinquième ; mais, même avec cette modification, la somme des avantages que présente ce système ne saurait entrer en balance avec celle de ses inconvénients, et l'on peut affirmer sans crainte qu'il est vicieux en ce qu'il ne permet ni une *bonne*, ni une *prompte*, ni une *économique* exécution des travaux d'un souterrain. »

MONTANT DES DÉPENSES

DÉTAIL DES DÉPENSES EFFECTUÉES PAR MÈTRE COURANT DE SOUTERRAIN

QUANTITÉS.	INDICATION DES NATURES D'OUVRAGE.	PRIX PARTIELS.	TOTAUX.
	TERRASSEMENTS.		
m. c.		fr.	fr.
111.33	Déblais sans sujétion (terre légère, terres fortes, tufs et rochers.	111.07	262.60
53.55	Déblais avec sujétion.	76.11	
49.24	Terres reprises et transportées à 4 relais..	17.88	
164.08	Terres transportées à 3,50 relais (distance réduite).. . . .	57.63	
	MAÇONNERIE.		
33.38	Maçonneries de moellons bruts.	504.90	1053.99
5.37	— en meulière de revêtement..	151.35	
5.47	— en pierres sèches pour perrés.	8.79	
2.845	Pierre de taille (fourniture, pose et taille)..	321.12	
1.18	Béton..	23.24	
1.75	Pavage.	10.31	
6.53	Remplissage en moellon et crayon..	34.28	
	CHARPENTE.		
2.13	Bois de cintre et d'étais à loyer (1re pose).	192.57	259.83
2.68	— — (2e pose).	28.31	
0.89	Bois perdus ou brisés..	38.95	
	SERRURERIE.		
3.25	Fers à loyer (1re pose).	2.89	41.51
10.002	— (2e pose)..	1.20	
28.462	Fers maintenus en place, perdus ou brisés.	35.31	
3.825	Fonte..	2.11	
	DÉPENSES DIVERSES.		
»	Frais d'épuisement..	25.14	268.74
»	Frais d'étanchement et de ravalement.	87.22	
»	Faux-frais et travaux divers..	88.47	
»	Montant de l'indemnité accordée à l'entrepreneur. . . .	67.91	
	TOTAL.		1886.76
	A DÉDUIRE POUR LE RABAIS.		55.66
	Reste pour le prix d'exécution par mètre courant, non compris les frais de reconstruction de la partie écroulée..		1831.10

Toutes les parties d'un souterrain ne coûtent pas également cher, et les divers

mètres courants, selon qu'ils sont plus ou moins rapprochés des têtes, donnent lieu à des dépenses différentes. Ce fait est trop évident par lui-même pour que je m'arrête à le démontrer ici. Je dirai seulement que la variation de prix, d'un point à l'autre de l'intérieur du souterrain, n'est pas assez grande pour qu'il importe de la faire ressortir. Mais pour les têtes, il n'en est plus de même ; leur prix de revient, à longueur égale, dépasse de beaucoup celui des autres parties.

Ce prix de revient, au souterrain de Chalifert, a été de 21,827 fr. 04 pour chaque tête.

Le mètre courant de tunnel, têtes non comprises, s'est donc élevé à 1,692 fr 52, et têtes comprises, à 1,831 fr. 10.

Écroulement d'une partie de la voûte. — Reconstruction. — Étanchement. — En novembre 1843, on s'aperçut que la courbe d'intrados de la voûte s'était notablement déformée sur une certaine longueur du souterrain ; on remarquait à la clef un abaissement sensible. Sous le marteau, les maçonneries de la voûte rendaient un bruit sourd, qui indiquait tout à la fois une désagrégation et un écrasement de la maçonnerie et des mortiers, et la formation de vides au-dessus de la voûte.

Au mois de février suivant, on entendit fréquemment des bruits sourds provenant d'éboulements et de mouvements intérieurs dans le sol ; un fondis, remblayé autrefois, se manifesta de nouveau, au haut de la montagne ; le 5 mars, les gargouilles en fonte, placées sur le côté gauche de la voûte vomirent en quantité un mélange d'eau et de sable, et une seule gargouille fournit jusqu'à 8 mètres cubes de sable.

Il est à remarquer que c'est toujours après les grandes pluies d'hiver ou après la fonte des neiges, qu'ont lieu les éboulements de souterrain ; ils sont dus évidemment aux mouvements irréguliers produits par de grandes quantités d'eau, s'infiltrant au travers des diverses couches de terrain et surtout au travers des sables.

A Chalifert, après les événements que nous venons de signaler, la clef de la voûte descendit, les reins cédèrent et la chute était imminente lorsqu'on se résolut à étayer toute la longueur menaçant ruine.

Les causes de l'accident sont multiples, mais la principale tient à l'infiltration des eaux ; le puits de sondage avait percé, comme nous l'avons dit en commençant, la couche imperméable de marne verdâtre et constituait un drainage vertical amenant toutes les eaux d'infiltration au niveau du tunnel ; ces eaux trouvaient un autre passage dans une faille naturelle qui existait précisément au voisinage de la partie de voûte écroulée ; enfin, on avait creusé autrefois une galerie de recherche, blindée, à l'emplacement projeté primitivement pour le tunnel ; celui-ci ayant été abaissé, la galerie était restée au-dessus, on en avait conservé le blindage et on avait négligé de la remblayer ; elle formait comme un canal souterrain recueillant toutes les eaux d'infiltration et les accumulant pour délayer les couches friables et sableuses. Lorsque les étais de cette galerie vinrent à céder, il se produisit des éboulements dans les couches successives qui s'affaissèrent successivement, si bien qu'un fondis se manifesta à la surface ; les eaux pénétrèrent de toutes parts et leur pression chassa à travers les gargouilles des masses considérables de sable ; nouveaux vides, nouveaux éboulements, des grès de plusieurs mètres cubes de volume tombèrent sur la voûte et ne tardèrent point à la briser.

Comme causes accessoires, ajoutez que l'épaisseur de la voûte, $0^m,70$, était trop faible eu égard à l'ouverture de l'intrados et à la nature du terrain, que les moellons et le mortier étaient mauvais, qu'il existait des malfaçons dans la ma-

çonnerie, et qu'on avait laissé, à l'extrados de la voûte, de nombreux étais engagés à un bout dans la maçonnerie même et à l'autre dans le terrain supérieur; on comprend sans peine quelle action destructive ont dû exercer des étais ainsi placés.

On résolut de porter à 1m,20 l'épaisseur de la voûte à reconstruire et de l'exécuter en bonne pierre et en bon mortier hydraulique, en observant toutes les précautions qu'on avait négligées la première fois.

La voûte avait été étayée par de doubles potences transversales, espacées de mètre en mètre, et s'étendant à 1m,25 de chaque côté de la clef; ces doubles potences furent complétées sur place et transformées en cintres de démolition. Les cintres de démolition, représentés par les figures 9 et 10, sont disposés de manière à permettre l'établissement de deux galeries longitudinales, assez larges pour rendre commodes la circulation et les transports.

Comme la voûte s'était abaissée et devait être relevée d'environ 0m,20 à la clef, on n'eut qu'à exhausser les cintres de démolition et à clouer sur les arbalétriers des vaux découpés suivant le profil voulu pour l'intrados futur; la figure 11 représente le cintre qui en résultait, et ce cintre supporte une demi-voûte reconstruite.

On a commencé par démolir les pieds-droits et les reconstruire en sous-œuvre; à cet effet, on les a partagés en intervalles égaux de 2 mètres; on a commencé par démolir les intervalles impairs, en soutenant les retombées des voûtes par un chapeau horizontal et des poteaux verticaux, figure 9; les intervalles impairs achevés, on a recommencé la même opération pour les numéros pairs.

Pour la voûte, on n'a pas opéré de même, car il eût fallu pour chaque intervalle exécuter une nouvelle attaque difficile et pénible; on exécuta donc les parties de la voûte à la suite les unes des autres, en disposant cependant plusieurs chantiers sur toute la longueur. Au point d'attaque, à la clef, on commençait par enlever les couchis sur 1 mètre de long et 0m,80 de large; puis un mineur attaquait la maçonnerie de la voûte avec son fleuret et creusait une ouverture ayant, en plan, les dimensions précédentes et s'étendant en hauteur jusqu'à 0m,70, au-dessus de l'extrados de la voûte future; les parois et surtout le ciel de l'excavation, étaient soutenus par un blindage transversal, reposant sur un chapeau et des poteaux placés sur les cintres, figure 12. Cette excavation permettait d'attaquer de front le reste de la voûte, en descendant jusqu'aux pieds-droits et continuant le blindage que nous venons de décrire. Puis, en ajoutant les vaux, on transformait les cintres de démolition en cintres de reconstruction; les maçons apparaissaient alors, construisaient la voûte à partir des naissances, posaient la chape au fur et à mesure de l'avancement, et remblayaient le vide supérieur, lorsque cette chape était devenue suffisamment dure. Le remblai se faisait avec du sable mouillé, comprimé et poussé jusque dans les petits recoins, à l'aide de spatules en bois. On laissa le blindage en place. M. Krantz trouvait cette manière de faire plus économique, et lui reconnaissait l'avantage de mettre les maçonneries fraîches à l'abri des chocs; cependant, c'est une pratique à éviter, car les bois doivent se consommer à la longue et créer des vides susceptibles de déterminer des éboulements.

Il va sans dire que la soudure des nouvelles maçonneries aux anciennes, faisait l'objet des plus grands soins et qu'on ne manquait pas de gratter, de nettoyer et de laver avec soin les surfaces de raccordement.

Quand la voûte était élevée jusqu'à 0m,25 de la clef, un seul maçon restait, on substituait aux couchis longitudinaux des couchis transversaux, ayant le

profil de l'intrados, et le maçon fermait la voûte en reculant suivant l'axe du souterrain.

Il était urgent d'assurer l'écoulement des eaux d'infiltration qui s'accumulent derrière la voûte ; on s'est servi à cet effet, de gargouilles formées d'un tuyau quadrangulaire en planches de $0^m,12$ de côté et de $0^m,02$ d'épaisseur, entourées d'une couche de béton de 10 centimètres. Lorsque le bois est pourri, le béton est suffisamment dur pour le remplacer. L'orifice du côté des terres est protégé par des fascines bien serrées qui s'opposent à l'entraînement des terres et surtout des sables fluides.

Cependant, en plus d'un point, les eaux d'infiltration traversaient les maçonneries d'une manière inadmissible ; pour faire disparaître les suintements à travers les parties de voûte en pierres de taille, il suffit de dégrader profondément les joints, et de les remplir ensuite avec de bon mortier en ciment de Vassy. Mais, pour assainir les parties construites en moellons et meulière, le rejointoiement était insuffisant ; la chape extérieure, exécutée pendant que la voûte était sur cintres, se déchirait et se crevassait au décintrement et livrait passage à l'eau superposée ; on divisa la voûte en trois zones, figures 14 et 15, on démolit le parement de la zone supérieure CD sur $0^m,35$ de profondeur, on dégrada la maçonnerie du fond et on la rejointoya en ciment, puis on exécuta le revêtement avec bon mortier de ciment ; dans la zone médiane CB, on a démoli le parement puis on l'a rétabli après avoir ménagé à l'intérieur de la maçonnerie des rigoles en écharpe ; enfin, dans la zone inférieure AB, le parement est simplement rejointoyé, et on ménage de place en place une gargouille verticale.

Remarques générales sur la construction d'un souterrain. — M. Krantz termine son mémoire sur le souterrain de Chalifert, par l'exposé de la méthode à suivre pour construire un souterrain dans des conditions semblables à celles que l'on a rencontrées à Chalifert.

« L'ingénieur chargé de la construction d'un souterrain, dit M. Krantz, doit d'abord faire en sorte que la vérification des alignements et des dimensions de la voûte, puisse avoir lieu constamment et sans difficultés. La bonne exécution des ouvrages est à ce prix.

L'économie prescrit : 1° de donner aux eaux un facile écoulement, aux terres un débouché commode, aux matériaux tels que pierre, mortier, bois et fer, une approche facile ; 2° de réduire au minimum le rapport entre les cubes des déblais de sujétion et ceux de déblais ordinaires ; 3° d'éviter les reprises de terres et les pertes de bois ; 4° d'agencer les ateliers de manière à ce qu'ils ne se paralysent pas les uns les autres.

Pour pouvoir pousser les travaux avec activité, il faut que l'on puisse attaquer la voûte en autant de points que l'on voudra, et que le système d'exécution reste le même dans son principe, et ne varie que dans ses détails pour s'accommoder à la nature du terrain.

Il est à peine besoin d'ajouter que ces avantages ne doivent pas être achetés aux dépens de la sûreté des ouvriers, et qu'avant tout l'on doit, autant que faire se pourra, éloigner d'eux toute chance d'accidents.

Le système que je vais exposer, en me plaçant dans les circonstances où nous nous sommes trouvés au souterrain de Chalifert, me paraît satisfaire à ces diverses conditions.

Résumé. — Ce système peut se résumer ainsi :

Le travail à faire pour l'exécution d'un souterrain se partage en deux périodes, dont la première comprend l'ouverture et la construction de toute la partie de

la voûte située au-dessus des naissances, la seconde l'achèvement des maçonneries et des déblais situés au-dessous.

Première période. — La première période comprend :

L'ouverture avec ou sans puits, selon les cas, d'une galerie centrale ayant son plancher au niveau des naissances de la voûte à construire; cette galerie, haute de 3 mètres, large d'autant à sa partie inférieure, est la voie destinée à l'écoulement des eaux, aux transports des déblais et des matériaux;

L'établissement d'ateliers allant les uns de l'extrémité vers l'intérieur du souterrain, les autres de l'intérieur vers les extrémités, étant au moins au nombre de quatre, et pouvant être plus nombreux en cas de besoin;

Dans chaque atelier, la construction progressive de la voûte par bandeaux de 4 mètres de long, chaque bandeau étant contigu aux portions de maçonneries déjà faites; l'étayement d'un bandeau évidé, au moyen de pièces horizontales, reposant d'une part sur la maçonnerie du bandeau précédent, de l'autre sur les terres encore vierges du bandeau suivant. Par-dessus ces pièces, la pose d'un blindage en dosses placées à recouvrement comme les tuiles d'une toiture. L'établissement des cintres réservant la galerie centrale et deux galeries latérales destinées au service des ateliers de tête;

La construction de la maçonnerie du bandeau en remontant des naissances à la clef, et l'enlèvement successif des blindages;

L'achèvement des bandeaux de soudure au moyen d'une ouverture régnant d'un seul côté, depuis la clef jusqu'à $1^m,50$ au-dessus des naissances, sur une largeur moyenne de $0^m,60$, la construction en ciment de la partie supérieure de cette ouverture.

Deuxième période. — La deuxième période se compose seulement des deux opérations suivantes :

Approfondissement d'une tranchée longitudinale de 4 mètres de largeur allant d'une extrémité à l'autre du souterrain, et régnant sur toute la hauteur qui reste à creuser;

Reprise en sous-œuvre des pieds-droits par petites parties disposées de telle sorte, que chacune d'elles se trouve comprise entre deux portions de maçonnerie déjà faites, ou reposant encore sur le terrain vierge.

Cette méthode assure la régularité, et par suite la célérité, l'économie et la sécurité du travail, et peut s'appliquer à des souterrains de toute largeur. »

TUNNELS DU LIORAN (CANTAL).

Les montagnes de la haute Auvergne ou Cantal présentent une arête tortueuse, reliant tous les pics culminants et autour de laquelle rayonnent dans tous les sens une dizaine de vallées principales, très-profondes dès leur origine et fortement encaissées. L'arête du Cantal fait suite aux monts Dores qui la prolongent au Nord; les eaux qui s'en écoulent se rendent à l'Est dans l'Allier, à l'Ouest dans la Dordogne, au Sud dans la Truyère ou le Lot.

Le Cantal, situé au centre de la France, point de départ de nombreuses vallées, semble donc être le point de passage obligé de toutes les voies de communication qui relient l'Est à l'Ouest de la France.

Cependant, il ne possède qu'un col facilement praticable, le Lioran; la rout l

nationale n° 126, de Montauban à Saint-Flour, remonte à partir d'Aurillac la vallée de la Cère, jusqu'au col du Lioran qu'elle traverse pour descendre ensuite dans la vallée de l'Alagnon. De Clermont à Montpellier, il existe une série de chaînes de montagnes (Puy-de-Dôme, monts Dores, Cantal, Margeride, Cévennes) dont la continuité oppose un obstacle presque insurmontable à l'établissement d'une bonne viabilité; le col du Lioran est le seul passage relativement facile.

Aussi, y trouvons-nous d'abord la route nationale n° 126, dont nous venons de parler, et en outre, le chemin de fer d'Aurillac à Murat (réseau central de la Compagnie d'Orléans), construit dans ces dernières années.

La route et la voie ferrée traversent le col en souterrain ; les deux tunnels sont voisins et presque superposés l'un à l'autre, ainsi que le montrent les figures de la planche XI.

Le tunnel de la route a été construit vers 1840, et M. l'ingénieur Ruelle l'a décrit dans un savant mémoire, inséré aux *Annales des ponts et chaussées* de 1846; ce premier tunnel a servi à la construction du second, on y a fait déboucher les puits d'extraction et d'aérage, et c'est par le souterrain de la route qu'on a extrait les déblais du souterrain de la voie ferrée, dont M. l'ingénieur Nordling a donné la description dans son compte rendu statistique sur la ligne d'Arvant au Lot.

Percée du Lioran pour la route nationale n° 126. — Ainsi que nous l'avons dit, les deux vallées de l'Alagnon et de la Cère aboutissent à la ligne de faîte du Cantal dans le prolongement l'une de l'autre. Le col qui leur correspond est le plus bas de toute la chaîne, on l'appelle le col du Lioran, du nom du sommet voisin; ce col est à 1250 mètres au-dessus du niveau de la mer, et le sommet du Lioran est à 1420 mètres.

Autrefois, la route arrivait au col par des pentes de 7 à 8 centimètres, accompagnées de lacets brusques et étroits; en hiver, la neige obstrue le passage, et les tourmentes, soulevées par les vents du nord et de l'ouest, rendent la route impraticable, souvent pendant des semaines entières : la neige forme alors des amas ou combes dont le moindre obstacle, une charrette, un arbre, suffit à déterminer la formation.

Chaque année, on dépensait 5,000 à 6,000 francs pour le déblai des neiges.

On rectifia le passage en creusant sous la montagne du Lioran un souterrain de 1400 mètres de longueur, qui diminue de 2000 mètres le parcours réel, et qui ne présente aux abords que des pentes atteignant 0,035 à 0,038 au maximum. La route ne s'élève plus jusqu'aux endroits où la tourmente s'exerce avec le plus de violence.

Un immense progrès a donc été réalisé par la construction du tunnel.

« La percée, dit M. Ruelle, présente sur toute sa longueur une succession de conglomérats très-variés par la couleur, la dureté et la composition, coupés ou traversés par une multitude de filons de trachyte, quelques-uns de phonolite et de basalte, et par de petites veines d'obsidienne.

Il semble que ces roches, gisant à une aussi grande profondeur, devraient avoir conservé leur intégrité ; mais le temps a imprimé sa trace sur ces produits souterrains comme sur ceux qui se trouvent à la surface du sol, et l'on y remarque avec surprise les effets d'une décomposition que le contact de l'air extérieur accélère singulièrement. C'est même au centre de la montagne que se trouvent les roches le plus facilement décomposables, tandis que la plupart de celles rencontrées sur les deux ou trois cents premiers mètres percés de chaque côté

se sont maintenues presque intactes, quoique exposées pendant plusieurs années à l'action de l'air et de l'humidité.

Toutes ces roches exigent cependant pour être extraites l'emploi de la mine ; mais leur cohérence, qui n'est souvent que le résultat d'une énorme pression et leur dureté sont tellement différentes, que la quantité des déblais extraits en un jour avec le même nombre d'ouvriers a varié de 10 à 50 mètres cubes. »

Les divers conglomérats sont volcaniques ; on distingue parmi eux : 1° la brèche à ciment de lave, composée de fragments de trachyte plus ou moins anguleux réunis par un ciment ferrugineux plus ou moins dur ; 2° le conglomérat fin, composé de petits morceaux de trachyte, de la dimension d'une noix au plus, réunis par une pâte de cendres volcaniques agglutinées ; 3° le conglomérat grossier, composé de tuf peu cohérent ou de cendres reprises par la lave, enveloppant de très-gros blocs de trachyte et de phonolite ; 4° les tufs ou cendres volcaniques réunies en masse.

Le point d'entrée et de sortie du souterrain ayant été déterminés, on a jalonné sur la montagne, au moyen d'une triangulation, le plan vertical qui les réunit ; au sommet du Lioran, sur un échafaudage fixe et élevé, on a placé un théodolite à lunette plongeante qui a permis de jalonner les lignes en prolongement du souterrain à l'entrée comme à la sortie ; en se plaçant sur une de ses lignes avec une bonne lunette, on pouvait apercevoir une lampe suspendue à un fil à plomb à l'avancement de chaque galerie, et l'alignement se trouvait ainsi déterminé avec exactitude.

La percée ne fut attaquée que par les deux têtes, sans puits intermédiaires, à cause de la hauteur de la montagne au-dessus du souterrain ; les puits auraient eu près de 200 mètres de profondeur, on recula devant les difficultés et la dépense.

Un nivellement fait par-dessus la montagne entre l'entrée et la sortie permit de constater la différence de niveau et par suite la pente qui est de 0,029.

La longueur exacte du souterrain est de 1386 mètres.

Le déblai fut attaqué en deux étages principaux, figure 6, planche IX : l'avancement ou la couronne et le revanché. L'avancement occupe sur deux mètres de hauteur la partie supérieure de l'excavation projetée, excavation dont le profil en travers était une demi-ellipse reposant en bas sur son petit axe de 7 mètres de longueur, et ayant son demi grand axe vertical et égal aussi à 7 mètres.

Cette forme elliptique est plus facile d'exécution que la forme ogivale à laquelle on avait d'abord songé, elle est plus résistante que le plein cintre et satisfait aussi bien aux nécessités de la circulation avec une moindre surface.

Le revanché, de 5 mètres de hauteur, pouvait être, lui aussi, exploité en deux étages ; les ateliers de la couronne et du revanché se suivaient à quelque distance et les déblais étaient emportés dans des wagons à bascule roulant sur des rails.

On commença les travaux au mois d'août 1839. On avançait à peu près de $0^m,50$ de chaque côté par vingt-quatre heures, et la rencontre eut lieu le 23 novembre 1843, après quatre ans et demi d'un travail continu. Le revêtement des parties menaçant ruine se fit ensuite peu à peu.

Il y avait à la couronne quatre mineurs, forant des trous de mine de $0^m,30$ à $0^m,70$ de profondeur ; les deux du milieu cherchaient surtout à avancer dans le sens longitudinal ; la besogne des deux autres était bien plus facile, puisqu'ils n'avaient qu'à élargir.

A quelques mètres en arrière, on trouvait au revanché huit mineurs ou ap-

prentis mineurs qui n'avaient à forer que des trous verticaux, et qui déblayaient par gradins irréguliers, dont le talus général était incliné à environ 45°.

La couronne et le revanché doivent se suivre à faible distance, si l'on veut que les déblais de la couronne soient d'un transport facile et économique.

La section totale de la demi-ellipse est de $38^{mq},48$, savoir :

$6^{m},74$ à la couronne,
et $31^{m},74$ au revanché.

Le prix de revient du mètre cube exploité à la couronne est égal à deux fois et demie le prix du mètre cube exploité au revanché.

D'après M. Ruelle, le rapport du prix à l'avancement et du prix au revanché est de 2 à 1 pour les roches les plus tendres, et de 4 à 1 pour les roches les plus dures.

D'autre part, le mètre cube de conglomérats trachytiques exploité à ciel ouvert dans les tranchées d'accès a coûté les 5/8 du mètre cube au revanché.

			Francs.
Ainsi, le prix de revient	du mètre cube	à ciel ouvert étant de.	3,00
—	—	au revanché sera de.	4,80
—	—	à la galerie d'avancement de. .	12,00

Remarquant que, dans une section de 40 mètres carrés, le volume de l'avancement est au volume du revanché comme 1 est à 5, combinant les prix de revient précédemment, on trouve pour le prix moyen du déblai d'un mètre cube du souterrain une somme de 6 francs, dans laquelle n'entre pas le montant des dépenses accessoires (boisage, éclairage, épuisement, etc.).

En onze heures de travail, un mineur à la couronne faisait trois coups de mine et demi, ayant en moyenne $0^{m},55$ de profondeur et $0^{m},035$ de section. — Chaque coup de mine consommait $0^{k},21$ de poudre. — Il en résultait sept coups de mine et demi et une consommation de $1^{k},575$ de poudre par mètre cube de roches à la couronne.

Au revanché, on n'employa en moyenne que $0^{k},55$ de poudre par mètre cube.

Les déblais furent déposés dans les vallées du Viaguin et de l'Alagnon, et servirent à soutenir une partie de la route rectifiée.

Le transport des déblais, commencé au tombereau, s'effectua plus rapidement et plus économiquement avec une voie ferrée et des wagons à bascule, poussés par des manœuvres dans la galerie descendante et tirés par des chevaux dans la galerie ascendante.

Les épuisements ne souffraient de difficulté que du côté de la galerie ascendante ; les eaux étaient peu abondantes et ne dépassaient guère 100 litres à la minute ; une série de pompes aspirantes se renvoyaient l'eau de l'une à l'autre jusqu'à la sortie du souterrain. On aurait pu sans doute établir un siphon intermittent, qui peut-être eût donné de bons résultats.

Les frais d'épuisement, calculés par mètre cube de roches sont revenus à $0^{f},17$ avec une seule pompe en 1840 ; à $0^{f},74$ en 1841 avec deux pompes ; à $1^{f},056$ en 1842 avec trois pompes et à $0^{f},78$ en 1843 avec quatre pompes.

A partir de 300 mètres au delà des têtes, on a rencontré certaines natures de trachyte et de tuf volcanique remplies de crevasses et de fissures ; le terrain, quoique très-dur, se détachait donc par gros blocs et il se produisait des éboule-

ments considérables d'une grande irrégularité. Le boisage était donc lui-même fort irrégulier; lorsque la paroi de l'excavation tombait simplement en efflorescence sous l'action de l'air et de l'humidité, on se contentait de légers cintres en planches de champ, lesquels soutenaient un fascinage; lorsque la chute de gros blocs était menaçante, on avait recours à des cintres analogues aux cintres de construction (figure 8), seulement on supprimait le double entrait horizontal, on n'employait que du bois en grume, et sur les fermes on plaçait des rondins au lieu de couchis.

La figure 7 représente un boisage fréquemment employé; le rocher s'étant éboulé même latéralement, on soutenait par des poteaux de sapin les fermes de la partie supérieure; les couchis étaient surmontés de fascines et le vide supérieur était rempli de moellons. Sur la même figure, on voit l'échafaudage soutenant une pompe aspirante qui prend l'eau dans un puisard pour la jeter dans une rigole inclinée vers la sortie du souterrain.

Un point capital à obtenir, c'était une aération suffisante des chantiers; l'atmosphère du souterrain est incessamment corrompue par les gaz qui se dégagent des fissures de roches, par les gaz qui proviennent de la déflagration de la poudre, par les produits de la respiration, de la combustion et de la fermentation des matières animales ou végétales telles que les bois.

L'air au fond du souterrain est plus chaud et plus léger, il s'accumule au cerveau de la voûte et tend à s'écouler vers l'extérieur, pendant que l'air du dehors, plus dense, arrive par les parties basses de la voûte; un courant d'air ininterrompu et une ventilation naturelle ont donc tendance à se produire. Mais, au printemps et en automne, cet effet est bien faible; il est, du reste, fort influencé par les conditions météorologiques. Par le vent du nord et un temps sec et froid, les galeries restaient claires à la base sur 5 mètres de hauteur, et la fumée s'écoulait par la partie haute; il y avait souvent une distinction bien tranchée entre les deux couches.

Au contraire, par les vents du sud et de l'ouest, la fumée remplissait toute la galerie. Même par un temps sec, lorsque le soleil dardait ses rayons à l'entrée ou à la sortie du tunnel, la circulation s'arrêtait; elle reprenait, au contraire, pendant la fraîcheur de la nuit.

En un mot, le courant d'air était d'autant plus vif que la différence entre la densité de l'air extérieur et la densité de l'air confiné était plus considérable.

A partir de 300 mètres de profondeur, les ouvriers se plaignirent vivement de maux de gorge et d'estomac; il devint indispensable d'établir une aération artificielle.

Pour ventiler une galerie, le plus simple est de la diviser en deux boyaux par une cloison longitudinale, horizontale ou verticale : une cloison horizontale est préférable, et l'on met le compartiment supérieur en communication avec une haute cheminée ou avec un aspirateur.

Au Lioran, on se contenta d'un ventilateur à aubes courbes, mis en mouvement par une manivelle; la partie centrale du ventilateur, par où se fait l'aspiration de l'air, est en rapport avec un tuyau quadrangulaire en planches, dont on voit la section sur le côté droit de la figure 7. C'est par ce tuyau qu'est aspiré l'air impur, qui s'échappe tangentiellement aux aubes courbes du ventilateur. L'air aspiré est remplacé par de l'air venant du dehors, c'est-à-dire par de l'air pur.

L'aspiration a de grands avantages sur l'insufflation; d'abord l'installation est plus facile; en outre, c'est l'air pur qui circule librement sur toute la longueur

des galeries, tandis que l'air corrompu et chargé de fumée s'écoule par le canal.

Au commencement du travail, on croyait les parois solides et on ne se préoccupait point du revêtement : il eût été bien préférable de construire au fur et à mesure la voûte en maçonnerie, on eût évité de la sorte une certaine dépense et on se fût mis à l'abri des éboulements.

La maçonnerie de la voûte a été exécutée en briques sur une certaine partie et en forts moellons sur tout le reste : on commençait par la maçonnerie du socle des pieds-droits, puis on s'élevait peu à peu, et on fermait la voûte en se servant de petits couchis transversaux, comme nous l'avons indiqué plusieurs fois déjà. On trouve sous les trottoirs des aqueducs qui conduisent les eaux au dehors.

Le prix de revient d'un mètre courant de souterrain voûté a été de 954 fr. 52, laquelle somme se subdivise comme il suit :

	Francs.
Main-d'œuvre de l'ouverture et des recoupes (ouvriers mineurs)	213,778
Fournitures et frais d'exploitation (poudre, huile, papier, houille, outils)	101,476
Chargement et transport des déblais de toute espèce, matériel y relatif	93,847
Épuisements, boisages, éboulis, aérage, galeries de refuge, échafauds, câbles etc.	97,862
Construction de la voûte	424,081
Dépréciation du matériel du chemin de fer	10,608
Frais de surveillance	12,868
Total égal	954,520

Tunnel du Lioran pour la ligne de Murat à Aurillac. — La section de Murat à Vic-sur-Cère, dont M. l'ingénieur Nordling a donné le compte rendu statistique, compte huit tunnels, construits pour une voie, avec une largeur maxima de 5 mètres entre les pieds-droits et une hauteur de 5m,50 de l'intrados au-dessus du rail, d'où résulte entre les rails et l'intrados sur les têtes une surface de 24mq,25. — Nous avons réuni dans le tableau suivant les longueurs et le prix de revient de ces divers tunnels :

DÉSIGNATION.	LONGUEUR (mètres).	DÉPENSE TOTALE (francs).	DÉBLAIS PAR MÈTRE COURANT			MAÇONNERIE PAR MÈTRE COURANT.			DIVERS PAR MÈTRE COURANT	PRIX TOTAL PAR MÈTRE COURANT	PRIX DU MÈTRE CUBE DE VIDE APPARENT.
			VOLUME (m. c.)	PRIX (fr.)	DÉPENSE.	VOLUME (m. c.)	PRIX (fr.)	DÉPENSE.			
Fraisse-Haut	52.53	55.782	39.79	16.55	658	13 02	29.99	390	14	1062	43.79
Le Lioran	1.958.19	2.561.306	35.48	18.71	664	8.63	37.74	325	319	1308	53.94
Veyrière	70.83	76.465	33.86	21.03	712	9.63	36.53	351	16	1079	44.49
Les Falaises	54.08	44.415	61.96	7.31	453	12.53	29.32	367	1	821	33.86
Neyrevèze	227.60	267.755	38.25	18.05	690	11.34	40.88	463	23	1176	48.49
Vaurs	255.70	259.694	35.99	17.98	647	11 51	29.36	338	31	1016	41.90
Espinasse	62.05	56.525	33.17	17.31	574	10.15	31.48	320	17	911	37.57
Trémoulet	112.03	122.074	37.00	18.18	673	15.21	26.15	398	19	1090	44.96

Dans les dépenses diverses par mètre courant, les frais de puits et de galeries entrent pour 229 francs au tunnel du Lioran.

Le tunnel de Neyrevèze, dont on remarquera le prix élevé, traverse un terrain complétement disloqué.

Ces huit tunnels, dit M. Nordling, sont ouverts dans des terrains volcaniques, des conglomérats et brèches trachytiques entrecoupés de filons basaltiques. Ces roches se décomposent plus ou moins au contact de l'air ; les tunnels ont été muraillés dans toute leur étendue.

Le tunnel de Lioran a été percé à l'aide de puits et celui des Falaises a été construit à ciel ouvert ; si l'on met à part ces deux cas exceptionnels, le prix de revient total des six autres tunnels est de 1,074 francs par mètre courant.

Le profil adopté pour la section est représenté par la figure 6, planche VI. La hauteur sous clef au-dessus des rails est de 5m,50, afin de livrer facilement passage aux locomotives spéciales affectées à la traversée du Cantal. Aux naissances de l'intrados, la largeur est de 5m,00 ; 4m,50 auraient suffi, mais il était urgent d'augmenter le jeu dans les tunnels courbes où les véhicules prennent une position inclinée par suite du devers : cette diposition permet en outre d'adopter pour les pieds droits un profil concave qui augmente leur résistance.

Dans les parties humides, la maçonnerie a été hourdée avec du mortier de ciment de Portland.

L'écoulement des eaux se fait par une calotte centrale en fonte, placée sous le ballast et pesant 59 kilogrammes par mètre courant.

C'est le tunnel du Lioran qui doit surtout nous occuper : la planche XI en indique les dispositions principales ; et voici la description sommaire des travaux que nous empruntons au travail de M. Nordling.

Le tunnel du Lioran d'une longueur de 1,958m,19 est de 21 à 28 mètres en contre-bas de l'ancienne « percée, » souterraine de la route impériale n° 126, de 1,412 mètres de longueur. En plan, les deux souterrains se coupent près de la tête nord de la percée et s'écartent à leurs têtes sud de 83 mètres. La différence de longueur porte en grande partie sur la tête nord, où sur 400 mètres le tunnel est ouvert sous le lit de l'Alagnon et la route.

Comme on savait que la roche, quoique exploitée à la poudre, s'altérait promptement à l'air, un point essentiel du programme avait été de faire suivre les maçonneries à 50 mètres au plus des fronts d'attaque.

On ouvrit 3 puits d'extraction, espacés à peu près de 500 mètres et placés : le n° 1 à la tête nord de la percée, et les nos 2 et 3 dans l'intérieur de la percée à 500 mètres environ de chaque portail. Ces deux derniers puits communiquaient avec la route par des galeries tranversales de 5 mètres de large complétement revêtues, et étaient desservies par une voie de fer de 0m,70 posée sur l'un des trottoirs de la percée avec prolongement extérieur jusqu'aux décharges. En retour de cette facilité, la Compagnie dut se charger de l'éclairage de la percée pendant toute la durée des travaux.

Pour assurer l'aérage et la bonne direction des maçonneries, chacun des 3 puits d'extraction était accompagné d'un petit puits de 1 mètre de diamètre, placé au bout d'une seconde galerie transversale à une quarantaine de mètres du puits principal.

Les puits d'extraction étaient desservis par des monte-charge hydrauliques qui permettaient aux wagons de déblai d'aller sans transbordement du front d'attaque à la décharge, et de ramener de même la chaux et les moellons destinés aux maçons. Les monte-charge étaient alimentés par l'Alagnon, au moyen d'une

conduite d'eau placée dans la percée. L'épuisement des puisards de ces monte-charge s'effectuait par des transmissions de 500 mètres de longueur actionnées par des machines à vapeur placées aux deux têtes. On évitait ainsi toute production de fumée et de vapeur dans l'intérieur de la Percée de la route.

Quant à la fumée de poudre, elle était aspirée par des ventilateurs à vapeur, placés aux deux têtes de la percée, au moyen de gros tuyaux en tôle et en toile goudronnée suspendus au sommet de la percée, à la suite des puits d'aérage, tandis que l'air frais arrivait par la percée et descendait par les puits d'extraction.

Toutes ces installations, commencées le 19 avril 1865, ont été faites en régie; et le corps du tunnel n'a été mis en adjudication que 17 mois après quand les puits commençaient à fonctionner régulièrement le 30 août 1866.

L'abondance des eaux dans le puits n° 1 et le retard qui en résultait avait fait décider l'ouverture d'un quatrième puits, placé à ciel ouvert et desservi par un manége. Par le fait, les appréhensions conçues ne se réalisèrent pas et le puits « zèro » rendit à peine des services.

Le percement du tunnel s'effectua le 10 avril 1868 et le dernier anneau fut clavé le 21 mai 1868.

L'avancement moyen par attaque a été de 13m,20 par mois, l'avancement maximum de 23m,20. Aux termes de son marché, l'entrepreneur à forfait devait par mois terminer 90 mètres de tunnel dans les 8 attaques réunies; mais grâce à une prime de 100 francs pour chaque mètre en sus, il fit en réalité 102 mètres. La longueur maxima exécutée en un mois (août 1867) a atteint 132 mètres.

La durée des travaux depuis le premier coup de pioche jusqu'au passage de la première machine (19 avril 1865 au 19 juin 1868) a été de trois ans et deux mois. En opérant seulement par les deux têtes, il eût fallu sept ans et demi.

ÉTAT DES DÉPENSES.

OBJET DES DÉPENSES.		QUANTITÉS.	PRIX DE L'UNITÉ.	DÉPENSE TOTALE.	DÉPENSE PAR MÈTRE COURANT.
I. — TRAVAUX PRÉPARATOIRES ET D'INSTALLATION.					
Puits et galeries d'aérage et de direction.	Déblais	707m.c.	48.77	34.486	28
	Maçonnerie	279	39.37	10.983	
	Parements vus	166m.q.	6.02	999	
	Cintrage	143	6.50	930	
	Dépenses diverses	»	»	6.579	
Puits et galeries d'extraction.	Déblais	5238m.c.	27.94	146.379	109
	Maçonnerie	1276	26.01	33.189	
	Parements vus	276m.q.	5.01	1.383	
	Cintrage	620	5.12	3.175	
	Dépenses diverses	»	»	29.966	
Machines et monte-charge avec leurs accessoires		»	»	145.971	
Bâtiments des machines, hangards, magasins		»	»	33.590	
Dépense totale des travaux préparatoires d'installation				447.630	229
II. — TUNNEL PROPREMENT DIT.					
Déblais		69468m.c.	18.71	1.300.080	989
Maçonneries	Pierre de taille	36	54.30	1.955	
	Moellons	16837	25.58	430.608	
Parements vus	Pierre de taille	160m.q.	6.27	1.003	
	Moellons	28948	5.95	172.285	
Cintrage		15370	1.83	28.087	
Chape		1141	3.41	3.886	
III. — DÉPENSES DIVERSES.					
Caniveau en fonte pour l'écoulement des eaux				22.712	90
Éclairage de la percée pendant toute la durée des travaux (matériel compris)				62.588	
Modification du profil de la chaussée dans la percée et sur l'accotement de la route, établissement d'une voie, rétablissement de la route et de la percée				63.500	
Prime de l'accélération de l'entreprise Tersouly				21.600	
Gratifications, accidents, dépenses diverses				5.572	
DÉPENSE TOTALE				2.561.506	1.308

L'état ci-dessus n'a pu être dressé qu'en décomposant quelque peu arbitrairement le forfait souscrit par l'entrepreneur Tersouly pour le corps du tunne (1,200 francs par mètre courant moins 23, 10 p. 100 de rabais, soit 923 francs). La dépense réelle se présente sous la forme suivante :

	Francs.
Décompte des tâcherons Carimantrand et Lecante (travaux préparatoires et bâtiments)	571,363
Décompte de l'entrepreneur Tersouly (achèvement des galeries du corps du tunnel)	1,753,988
Décompte Poynot (fourniture et installation des machines)	123,845
Matériel (voie, wagonnets, pompes à bras, etc.)	40,547
Caniveaux en fonte, pour écoulement d'eau	22,241
Autres dépenses en régie	49,322
Total pareil	2,561,306

L'état ci-dessus fait voir que si l'on avait eu le temps de ne travailler que par les deux têtes en renonçant à utiliser la percée, on eût économisé la totalité des travaux préparatoires et près de la moitié des dépenses diverses, et que la dépense linéaire se fût ainsi réduite à environ 1,050 francs.

	Francs.
Si le tunnel avait été exécuté à deux voies, le prix du corps du tunnel se serait accru d'environ 60 0/0 et aurait coûté.	1580
Les dépenses préparatoires et diverses n'auraient guère varié, ci. . . .	320
Et la dépense linéaire eût été d'environ.	1900

TUNNELS DE CROZET ET DE SAINT-MARTIN-D'ESTRÉAUX.

Ces deux tunnels se trouvent sur le chemin de fer de Saint-Germain-des-Fossés à Roanne, dont M. l'ingénieur Croizette-Desnoyers a donné la description dans un remarquable mémoire, inséré aux annales des ponts et chaussées.

Tunnel de Crozet. — Le tunnel de Crozet n'a que 227 mètres de long; il est creusé dans un rocher granitique à la partie centrale, et vers les têtes dans du gore dur ou rocher décomposé. Bien que le terrain ne soit qu'à une trentaine de mètres au-dessus du chemin de fer, on a jugé inutile de creuser un puits, et on s'est contenté d'attaquer la percée par les têtes.

Les figures 1 et 2 de la planche XII représentent en coupe et en élévation la tête du tunnel du côté de Saint-Germain-des-Fossés.

Le mode de construction est identique à celui du tunnel de Saint-Martin, que nous exposerons ci-après; on a jugé convenable d'établir un revêtement en maçonnerie sur toute la longueur, seulement l'épaisseur est moindre dans le granite que dans le gore.

Voici, d'après M. Croizette-Desnoyers, le prix de revient par mètre courant :

PARTIE A ÉTABLIR DANS LE ROCHER GRANITIQUE.		PARTIE A ÉTABLIR DANS LE TERRAIN ORDINAIRE.	
Déblais pour toute la section, galerie comprise, 56 mètres cubes à 14 fr. 24 cent.	794.41	65 m.c. à 2 fr. 04 c.	131.95
Maçonnerie du revêtement, des aqueducs, caniveaux et gargouilles.	457.56	»	593.05
Étayements et blindages.	120 00	»	160.00
Cintres.	36.72	»	36.72
Épuisements, éclairage et frais divers.	60.00	»	60.00
Frais de réparation d'éboulements; dépenses imprévues.	56.28	»	56.00
Somme à valoir pour frais de surveillance et dépenses diverses.	55.00	»	60.00
PRIX D'APPLICATION.	1580.00	»	1098.00

SOIT EN MOYENNE : 1340 francs.

Tunnel de Saint-Martin d'Estréaux. — Le tunnel de Saint-Martin d'Estréaux traverse, sur la plus grande partie de sa longueur, des roches très-dures, porphyriques et granitiques, qui se transforment sur certains points en diorite d'une dureté exceptionnelle; cependant le terrain n'est pas solide, car le massif est formé de blocs juxtaposés et séparés par des lits d'argile ou de talc sur lesquels ils glissent. Toutes les difficultés se trouvent donc réunies.

Sur 70 ou 80 mètres de longueur, on traverse le gore ou roche décomposée. Les tranchées comprenant entre elles le souterrain n'étant pas ouvertes, on a creusé un puits à l'emplacement de chaque tête et 8 puits intermédiaires.

La distance entre un puits de tête et le puits voisin est de 180 mètres, et les puits intermédiaires sont espacés de 140 mètres, ce qui donne 1350 mètres pour la longueur totale qui fut portée ultérieurement à 1380 mètres.

La profondeur des puits a varié de $21^m,45$ à $53^m,69$ et a été en moyenne de $36^m,06$. Leur section est un rectangle de $4^m,50$ sur $2^m,00$, divisé en trois compartiments : deux pour les bennes montantes et descendantes, un pour les échelles et les appareils d'épuisement et de ventilation. Les puits sont blindés sur toute leur hauteur et recouverts d'un bâtiment provisoire en bois qui abrite le matériel et renferme même des chambres pour les ouvriers. C'est un manége qui fait le service de chaque puits. On avait eu soin de recouvrir l'orifice de chaque compartiment des puits par des doubles trappes qui ne s'ouvraient qu'au passage des bennes.

L'approfondissement moyen d'un puits par semaine a varié de $1^m,53$ (puits n° 2) à $0^m,85$ (puits n° 7); le prix moyen du mètre cube de déblai, comprenant : forage des trous, charge et allumage des mines, cassage des déblais, montage, mise en dépôt, régalage, fourniture de poudre, éclairages, réparations d'outils et fournitures diverses a varié de $24^{fr},88$ (puits n° 2) à $64^{fr},47$ (puits n° 7); il a été en moyenne de $41^{fr},29$, soit, pour un mètre de profondeur, à raison de 14 mètres cubes, une somme de 577 francs.

La dépense de boisage a été de......	193	francs par	mètre de profondeur.
Les frais de matériel doivent être évalués à	28	—	—
Les frais d'épuisements..........	33	—	—
Le prix de revient total des puits a donc été de	831	—	—

La galerie d'avancement, ouverte à la partie supérieure de la section projetée et blindée lorsque cela est nécessaire, est représentée par les figures 11 et 12 de la planche XII; les autres figures, empruntées comme les précédentes au mémoire de M. Desnoyers, indiquent les diverses phases du travail. La galerie a une largeur de $3^m,80$ et une hauteur de $4^m,20$, soit 16 mètres de section : cette galerie a des dimensions bien supérieures à ce qu'on adopte d'ordinaire, mais, à cause de la grande dureté des roches, la principale difficulté consistait surtout dans le percement, et les mineurs demandaient autant pour 10 à 12 mètres de section que pour 16; dans ces conditions, on a cru devoir adopter la grande section, qui facilite singulièrement le service.

Des blindages ont été établis sur la moitié de la longueur de la galerie; il a même fallu en certains points les doubler et les étrésillonner, car des pièces en chêne de $0^m,30$ d'équarrissage se rompaient sous la poussée.

Les puits sont à 5 mètres en dehors de l'axe, et le fond en est relié à la galerie d'axe par une galerie transversale; les wagonnets arrivant par la galerie d'axe s'arrêtaient sur un chariot portant des rails alignés sur ceux de la galerie d'axe

et reposant lui-même sur des rails parallèles à la galerie transversale ; par deux déplacements à angle droit, les wagonnets arrivaient donc à la base du puits.

L'avancement moyen, par semaine, pour chaque galerie, a varié de 2^m,15 (puits n° 2) à 0^m,64 (puits n° 7) et l'avancement moyen pour toutes les galeries réunies à été de 1^m,34.

Comme il y avait en tout 18 attaques, c'était un avancement total moyen de 24^m,12 par semaine. Le cube moyen total extrait par jour n'était que de 55 mètres cubes environ.

Les postes de cinq mineurs se relevaient de dix en dix heures; l'extraction d'un mètre cube de déblai exigeait environ trente-trois heures de mineurs, pendant lesquelles il était percé d'environ dix trous de mine de 0^m,40 de profondeur.

Le prix moyen par mètre cube, établi comme pour les puits, et comprenant les faux frais, les mains-d'œuvre de toute nature et le bénéfice de l'entrepreneur, a varié de 23 fr. 75 (puits n° 2) à 82 fr. 56 (puits n° 7) ; la moyenne a été de 41 fr. 01, et voici le sous-détail de cette moyenne :

	Francs.
Journées de mineurs (4 fr. 50)	15,17
Journées de manœuvres	3,79
Journées de chevaux et charretiers	2,98
Fourniture de poudre (2 fr. 25 le kilog.)	3,34
Fourniture de mèches anglaises (0 fr. 10 le mètre)	1,56
Eclairage	1,70
Fournitures diverses	0,32
Réparations d'outils (0 fr. 10 par pointe refaite)	6,64
Prix brut	35,50
1/20 pour faux frais	1,78
Prix de revient	37,28
1/10 pour le bénéfice de l'entrepreneur	3,73
Prix à payer	41,01

Si l'on compare le prix de revient d'un mètre cube de déblai en galerie à celui d'un mètre cube de déblai dans la partie inférieure des puits, on trouve que le premier n'est guère que les $\frac{5}{7}$ du second.

Le cube a élever dans les puits par vingt-quatre heures étant très-faible, on n'avait à fournir de ce chef qu'un travail intermittent et cela explique pourquoi on préféra les manéges à chevaux aux machines à vapeur.

Le prix de revient total du mètre linéaire de galerie a été de 800 fr. environ, laquelle somme se décompose comme il suit :

	Francs.
Déblais, 16 mètres cubes à 41 fr. 01	656
Boisages	67
Epuisements	53
Frais de matériel	22
Total	798

L'abatage en grand se faisait comme le montrent les figures 13 et 14 ; on blindait plus ou moins suivant que cela était nécessaire ; en certains endroits, les parois se soutinrent seules, en d'autres il fallut quelques étais, en d'autres enfin

on dut revêtir les parois de madriers posés à recouvrement et soutenus par des étais en éventail, comme on le voit sur la gauche de la figure 13.

La section moyenne de l'abatage en grand a été de $11^{m},50^{c}$ et le mètre cube de déblai y est revenu à 28 fr. 78.

Quant au stross ou partie centrale, on l'a enlevé sur quelques portions avant de maçonner la voûte; mais c'était une imprudence, et il valait mieux construire la voûte au préalable.

Le cube moyen du stross a été de $23^{mc},50$ par mètre courant et le mètre de déblai y est revenu en moyenne à 18 francs.

En tenant compte de la superficie de chaque partie de la section et de son prix moyen, le prix de revient moyen d'un mètre cube de déblai du tunnel entier est revenu à 28 fr. 04 c.

La section du tunnel achevée est formée, figure 20, d'une portion d'ellipse ayant son demi grand axe vertical et égal à $4^{m},60$ et son demi petit axe horizontal est égal à $3^{m},85$.

Au niveau des rails la largeur est de $7^{m},40$ et la hauteur sur le rail extérieur est de $4^{m},80$.

On considère que la voûte proprement dite s'étend à 4 mètres seulement de chaque côté de la clef. L'épaisseur de cette voûte est proportionnée à la poussée probable du terrain; elle est au moins de $0^{m},23$, plus grande dimension d'une brique, et au plus de $0^{m},60$, ou deux fois et demi la plus grande dimension d'une brique.

On a presque partout construit la voûte avant l'enlèvement du stross, en se servant du cintre représenté par la figure 16. Dans les parties où on avait déblayé à pleine section, on a eu recours au cintre roulant de la figure 15. On opérait par anneaux dont la longueur était comprise entre 4 et 2 mètres suivant la résistance du terrain.

Dans les parties très-solides, à peu près le quart de la longueur, on n'exécuta pas la partie inférieure des pieds-droits, figure 19; sur le reste, les pieds-droits furent exécutés par une reprise en sous-œuvre, figures 17 et 18.

On remarque à l'extrados de la voûte, sur les reins, de petits caniveaux à pentes alternatives, venant aboutir tous les 50 mètres à des tuyaux de descente qui amènent les eaux à l'aqueduc central, enfoui dans le ballast, figure 19.

Quatre puits d'aérage ont été conservés, et on les a revêtus en maçonnerie, en conservant un vide elliptique; grâce à cette forme, la maçonnerie peut résister à toutes les poussées latérales; le reste du vide a été remblayé et la maçonnerie renforcée par un éperon du côté du remblai. Le puits possède, au-dessus du sol naturel une margelle saillante; la partie conservée de la galerie transversale sert de refuge aux cantonniers. (Figures 6, 7 et 8.)

Les têtes en maçonnerie sont très-simples; elles portent une plaque indiquant la longueur du tunnel, la date de la construction, l'altitude. La tête du côté de Roanne est représentée en élévation et en coupe par les figures 3 et 4 de la planche XII.

Le mètre linéaire du tunnel achevé est revenu à 2,600 francs environ, dans lesquels les puits et les têtes entrent pour 270 francs. Le prix de revient du tunnel proprement dit est donc de 2,330 francs par mètre linéaire.

Le percement des puits a duré un an, celui des galeries un an aussi; le tunnel a été achevé en quatre ans et demi. En supposant les tranchées ouvertes d'avance, il eût fallu dix ans si on avait voulu se borner à faire le service par les têtes.

Entre les puits 8 et 9, dans une partie d'apparence solide, qu'on n'avait pas blindée, un grave éboulement se produisit : des blocs énormes glissèrent sur des lits d'argile qui les séparait et remplirent l'excavation. On commença par circonscrire l'éboulement en poussant la construction de la voûte aussi loin qu'on le pouvait de chaque côté. La première idée qui vient à l'esprit est d'attaquer l'éboulement par le bas et de s'y creuser une galerie ordinaire ; mais, de la sorte, il faut soutenir toute la masse superposée, et on n'est pas sûr du succès même en ayant recours à de très-forts blindages. On a préféré avec raison se frayer un passage à la partie supérieure, en soutenant les parois de la chambre d'éboulement par des fermes qui en épousaient la forme figures 4 et 5 et sur lesquelles reposaient des madriers et des rondins longitudinaux.

La galerie ouverte de part en part, on commença à enlever progressivement les blocs inférieurs, en soutenant les fermes par des poteaux comme le montrent les figures 6 et 7.

On a ensuite construit la voûte, figure 8, avec de bons moellons de granit à lits bien dressés ; on lui a donné 1 mètre d'épaisseur, et on a rempli l'excavation supérieure avec une maçonnerie à pierres sèches de moellons bien serrés les uns contre les autres.

En comparant les prix de revient dans les parties d'égale dureté des tunnels de Crozet et de Saint-Martin, M. Desnoyers trouve pour celui-ci 2,150 francs et pour celui-là 1,580 francs seulement. La différence tient uniquement à ce que le service s'est fait tout entier par les têtes au souterrain de Crozet.

Les frais de montage des déblais augmentent le prix du mètre cube de 3 à 4 francs, d'où une augmentation de 150 à 200 francs par mètre courant du tunnel. Pour la même raison, le prix de la maçonnerie augmente d'un cinquième, soit 90 francs par mètre courant. A Crozet, les épuisements n'ont rien coûté. Enfin, les puits viennent accroître la dépense de 250 francs par mètre linéaire.

« Ainsi, dit M. Desnoyers, le même tunnel qui, construit au moyen de puits, reviendrait à 2,400 francs le mètre, ne coûterait tout au plus que 1,700 à 1,800 francs si tout le service était fait par les têtes. Cette considération est grave, elle ne doit pas faire reculer devant l'établissement de puits, lorsqu'il s'agit d'un souterrain de construction urgente, mais elle doit porter, sur les lignes dont les délais d'exécution sont prolongés, à commencer d'avance les souterrains d'une certaine étendue, afin de pouvoir réaliser sur leur construction une économie de plus du quart de la dépense. »

TUNNELS DE VINCENNES ET DE REUILLY.

Lorsque des chemins de fer pénètrent à l'intérieur des grandes villes, il est en général plus économique et plus commode de leur créer un passage souterrain, bien que la voie ne soit placée qu'à quelques mètres au-dessous du sol.

C'est le système qu'on adoptera pour un chemin de fer placé dans l'axe d'une rue.

Nous en trouvons un exemple dans les tunnels de Vincennes et de Reuilly, créés pour le passage de la petite ligne de Vincennes.

La figure 7 de la planche VI représente une coupe transversale de l'ouvrage;

après avoir tracé l'axe à la surface du sol (*mn*), on marque l'emplacement des pieds-droits et on creuse deux tranchées A, blindées et étrésillonnées.

Lorsqu'elles sont terminées, on maçonne le pied-droit B avec la naissance de la voûte et on surmonte le pied-droit d'un mur F adossé aux terres et destiné à les soutenir : il est indispensable en effet de s'opposer à tout mouvement surtout lorsqu'on se trouve à une faible distance des maisons.

Cela fait on enlève la partie supérieure C du massif de terre qui sépare les deux tranchées et on établit les cintres que l'on soutient par des poteaux s'appuyant sur l'éperon G du pied-droit et sur le massif central D. On construit la voûte à ciel ouvert; après le décintrement, on enlève le massif central D, on établit la voie, on remblaye sur la voûte et on rétablit le passage.

Ces opérations successives ont parfaitement réussi et n'ont donné lieu à aucun accident.

AGRANDISSEMENT DU SOUTERRAIN DE TERRE-NOIRE.

Le souterrain de Terre-Noire, que l'on rencontre sur le chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon, n'avait été établi que pour une voie et ne pouvait plus suffire à un trafic considérable.

Il avait été construit en même temps que les premiers chemins de fer, à une époque où l'on ne pouvait prévoir le développement inouï dont étaient susceptibles les nouvelles voies de communication. Plus tard, lorsqu'on créa des lignes appelées à se développer, on se contenta de poser une seule voie, mais on acheta les terrains et on construisit les ouvrages d'art pour deux voies; de la sorte, on réservait l'avenir sans imposer au présent de trop lourdes charges.

On sait combien sont difficiles les réparations à faire aux ouvrages d'art de lignes dont on ne peut interrompre le trafic ; les difficultés s'accentuent encore lorsqu'il s'agit d'un tunnel.

M. Callon, dans son cours d'exploitation des mines, a rendu compte de l'agrandissement du tunnel de Terre-Noire et nous lui empruntons les deux figures 9 et 10 de la planche IX.

A la partie haute de l'ancien souterrain, on a établi un plancher et on a eu soin de se servir pour le passage du tunnel de locomotives spéciales à cheminée raccourcie; les ouvriers placés sur le plancher crevaient la voûte à son sommet et exécutaient latéralement un abatage en grand, les déblais étaient amenés au-dessus de la voie et reçus dans des wagons de terrassement pendant les intervalles entre les passages des trains réguliers. Les parois de l'excavation étaient convenablement étayées. Ensuite on posait les cintres et on exécutait la nouvelle voûte en la faisant reposer à gauche sur le rocher, à droite sur les anciens pieds-droits. Derrière la voûte, recouverte de sa chape, on bourrait des moellons remplissant tous les vides.

Ce travail achevé, on put démolir le plancher et enlever le stross en battant au large sur le côté gauche de la voie; le travail n'entravait plus la circulation des trains et on exécutait les pieds-droits de la voûte par sections de deux à trois mètres de longueur.

Quant à l'ancien pied-droit, on le raccorda avec la voûte nouvelle partout où on

pouvait le conserver ; dans les parties où il manquait de solidité, on le reconstruisit à neuf.

On voit que l'ancien tunnel a fait office de galerie d'avancement pour le nouveau tout en laissant un passage libre pour les trains réguliers.

TUNNELS DE STUTZMATT, DU MUNGELBAECHEL ET DU HAUT-BARR.

Ces trois tunnels se rencontrent sur la ligne de Paris à Strasbourg dans le département du Bas-Rhin. M. Graeff, inspecteur général des ponts et chaussées, en a donné la description dans son histoire critique des travaux exécutés dans les Vosges au chemin de fer de Paris à Strasbourg et au canal de la Marne au Rhin. C'est d'après cet ouvrage que nous avons rédigé ce qui suit et établi les figures 1 à 6 de la planche VII.

Le devis prévoyait pour les travaux la marche générale que voici (fig. 1) :

1° Percer la galerie d'avancement (*a*) dont la section est de deux mètres sur deux mètres et dont la base est à 1 mètre au-dessus de la naissance de la voûte projetée ;

2° Procéder à l'abatage en grand de l'emplacement de la voûte, à droite et à gauche de la galerie d'avancement et en descendant jusqu'au même niveau (*mn*) ;

3° Construire la voûte dont les retombées s'appuient sur le rocher convenablement taillé à cet effet, exécuter la chape et le remplissage des vides sur la voûte ;

4° Enlever le stross (*c*, *c*), puis reprendre en sous-œuvre la voûte et les pieds-droits.

Pour le tunnel de Stutzmatt, le service s'est fait uniquement par les têtes ; au Mungelbaëchel, le plan longitudinal du tunnel coupait le vallon du même nom et il était facile d'établir un large puits de faible profondeur, on créa donc quatre points d'attaque. Le souterrain du Haut-Barr est percé dans un contre-fort situé sur la rive droite de la Zorn ; on ne pouvait établir de puits, car ils eussent coûté trop cher vu la grande profondeur, mais il devait venir à l'idée d'appliquer la méthode des galeries transversales dont nous avons montré l'avantage en traitant des tunnels au point de vue général ; ces galeries donnent aux eaux et aux déblais un écoulement naturel, elles sont en outre plus faciles à creuser que des puits verticaux, de sorte qu'avec un développement supérieur à la profondeur de ceux-ci, elles peuvent encore être économiques.

En effet, soit a le prix par mètre courant d'un puits de hauteur l.
— a' — — d'une galerie de longueur l'.
P le prix de revient des déblais lorsqu'il faut les monter par un puits, y compris les frais d'épuisement.
P' le prix de revient des déblais enlevés par la galerie horizontale,

il sera indifférent d'employer un puits ou une galerie lorsque l'équation

$$P + la = P' + l'a'$$

sera satisfaite ;

Toutes les quantités de cette équation sont connues ou peuvent être approxi-

mativement évaluées à l'avance, sauf la longueur l', qui se trouve ainsi déterminée; elle est d'autant plus grande que P diffère plus de P' et (a) de (a').

Au souterrain du Haut-Barr, une galerie de 70 mètres de long ne coûtait pas plus à établir qu'un puits de 40 mètres; aussi a-t-on eu recours à deux galeries, l'une inclinée, l'autre normale au souterrain, débouchant dans le chemin de Lutzelbourg à Saverne (figure 6). De la sorte, on créa six points d'attaque.

Les trois souterrains qui nous occupent sont percés dans le grès vosgien, qui présente une bonne consistance, sauf au voisinage du sol naturel où il a fallu blinder complétement les galeries.

La galerie d'avancement avait $2^m,00$ sur $2^m,00$ dans les parties dépourvues de blindage; dans les parties blindées, la hauteur de l'excavation était de $2^m,30$ se divisant comme il suit (fig. 3) :

	Mètres.
Madriers de blindage de $0^m,10$ soutenant le toit.	0,10
Traverse du cadre.	0,20
Espace libre.	1,80
Traverse inférieure du cadre.	0,20
Total égal. . .	2,30

La largeur libre de la galerie était de $1^m,60$ en haut et $1^m.80$ en bas; ajoutant de chaque côté un poteau de 0,20 et un madrier de 0,10, on arrive à une largeur moyenne de $2^m,30$ et à une section totale de $5^{mq},29$ au lieu de 4^{mq}.

On avait eu soin de fixer dans les devis des limites que la galerie ne devait point dépasser, suivant qu'elle était blindée ou non. Cette précaution est indispensable, car le déblai de galerie étant payé bien plus cher que le déblai d'abatage en grand, l'entrepreneur ne manquerait pas d'agrandir la galerie partout où il le pourrait. Lorsqu'il y a des limites indiquées, tout ce qui les dépasse est payé à l'entrepreneur comme abatage ordinaire.

La même remarque s'applique à la section de l'excavation à faire pour l'établissement de la voûte; il faut poser à l'entrepreneur des limites en dehors desquelles le déblai ne lui sera point payé, à moins qu'il ne provienne d'un éboulement.

La galerie établie recevait une voie provisoire de $0^m.80$ de large sur laquelle circulaient des wagons de terrassement cubant un mètre :

Un atelier de galerie d'avancement, composé de quatre mineurs et de deux manœuvres pour le chargement, renouvelé toutes les huit heures, exécutait par jour de 24 heures, $0^m,50$ à $0^m,70$ de galerie. L'entrepreneur payait son atelier à la tâche, suivant un prix débattu et accepté contradictoirement; c'est la seule manière de faire économiquement de pareils travaux, car la surveillance en est bien difficile.

Pour l'abatage en grand, si la roche est solide, on l'entame sur toute la section, en soutenant par quelques étais ou chandelles les parties qui menacent (fig. 2) : si la roche n'est pas solide, on commence par élargir à la partie supérieure, comme l'indique la partie de droite de la figure 3, en soutenant les terres par de petites chandelles posées sur une semelle horizontale; puis on élargit au-dessous de cette semelle en l'étayant aussi, et, lorsque le fonçage est terminé, on substitue aux étais provisoires des étais définitifs en nombre suffisant.

Lorsque l'abatage en grand est fait sur une certaine longueur, on place les cintres, figure 4, entre les fermes d'étais qui sont distantes entre elles d'en-

viron $1^m,50$, on construit la portion de voûte correspondante en enlevant les étais au fur et à mesure qu'elle avance, et on s'appuie sur cette partie de voûte déjà faite pour poursuivre l'abatage en grand.

Les déblais provenant de l'abatage en grand sont jetés par des manœuvres dans les wagons ; tous les cent mètres environ, dans des parties bien solides choisies à cet effet, on établit des voies de garage qui facilitent singulièrement le service et la circulation des déblais et des matériaux des voûtes.

Chaque atelier d'élargissement comprend huit mineurs, quatre de chaque côté, servis par un nombre suffisant de manœuvres, et les ateliers se succèdent sur toute la longueur du tunnel, à environ 40 mètres de distance.

La traction des wagons se fait par des chevaux à partir des gares.

La voûte qui a $0^m,70$ d'épaisseur en général est recouverte d'une chape sur laquelle on bourre des moellons de remplissage formant drainage ; ce drainage amène les eaux d'infiltration dans des rigoles ménagées sur les reins de la voûte à l'extrados, et ces rigoles, par des pentes en sens contraire de 0,05 par mètre, conduisent les eaux dans des tuyaux verticaux, ou cheminées pratiquées dans les pieds-droits et aboutissant dans les rigoles définitives du souterrain.

On ne saurait trop soigner les chapes des voûtes de souterrain ; il est rare qu'elles soient parfaites, car on aperçoit bien souvent des suintements à l'intrados. Aux tunnels du Bas-Rhin, M. Graeff a eu recours à deux systèmes de chapes ; des chapes en béton de $0^m,10$ d'épaisseur et des chapes en ciment de 0,05. Dans les parties très-humides, il a superposé la chape en béton à la chape en ciment. Le grand inconvénient dans les voûtes de tunnel, c'est que le décintrement s'opère après la confection de la chape ; si le tassement est sensible, la chape ne manque pas de se déchirer. L'avantage de la double chape, c'est que les fissures de l'une peuvent ne pas correspondre aux fissures de l'autre ; de plus, les eaux pénétrant dans les fissures du béton lui enlèvent de la chaux et du sable qui viennent se déposer dans les fissures du ciment et les boucher.

La hauteur sous clef des souterrains du Bas-Rhin est de 6 mètres, et comme il y a $0^m,50$ de ballast, cela fait $5^m,50$ sous clef au-dessus des rails.

On avait espéré pouvoir se passer de revêtement sur une certaine partie de la longueur, mais on ne tarda pas à reconnaître qu'il eût été imprudent de le faire, car, dans les terrains les plus solides, il y a toujours des blocs qui menacent ; seulement, on a proportionné l'épaisseur de la voûte aux efforts qu'elle pouvait avoir à subir, et cette épaisseur a varié de $0^m,50$ à $0^m,90$.

Les voûtes restaient quinze jours sur cintres en été, trente en hiver, et les tassements variaient de un à trois centimètres.

Il ne faut pas croire qu'on puisse impunément maçonner en hiver dans un souterrain ; ainsi, l'eau gèle fort bien dans toute l'étendue d'un souterrain de 500 mètres de long et il en est de même des mortiers qui se désagrégent ensuite. Si l'on était forcé de maçonner en hiver, il faudrait mettre des portes aux têtes du souterrain, chauffer l'atelier de fabrication des mortiers, et il serait bon de faire la dépense de mortier de ciment.

Dans l'établissement des têtes de souterrain, quelques précautions sont à prendre :

1° Ces têtes tendent souvent à se détacher du corps et on remarque des fissures à quelques mètres au delà de l'entrée ; cet effet tient à la poussée des terres superposées ; il faut donc élargir la banquette au-dessus de la plinthe et adoucir les talus. Lorsque néanmoins la poussée est à craindre, on fera bien de munir les têtes de murs en aile droits ou obliques ;

2° Des filtrations, dit M. Graeff, se manifestent souvent dans les voûtes près des têtes; cette circonstance tient à ce que les terres y ont moins de hauteur et permettent aux eaux de pluie d'arriver plus facilement jusqu'à la voûte. Un moyen d'atténuer cet effet qu'il est souvent difficile, pour ne pas dire impossible, d'éviter, est de faire des perrés maçonnés sur le talus extérieur immédiatement au-dessus de la tête, de couvrir d'une bonne chape la banquette et de régler les pentes du caniveau à mettre à l'intersection du talus et de cette banquette de manière que les eaux s'écoulent en dehors de la tête; mais le meilleur conseil à donner est assurément celui de construire en mortier de ciment toute la voûte aux environs des têtes et des sources principales dans l'intérieur des souterrains.

L'enlèvement du stross dans les souterrains du Bas-Rhin s'opérait comme l'indique la figure 5; on établissait une voie de service sur l'un des côtés de l'abatage en grand, et on creusait de l'autre côté une tranchée dont les déblais étaient élevés jusqu'à la voie; cette tranchée terminée recevait à son tour une voie qui permettait d'enlever plus facilement le reste du massif.

Ce travail peut marcher aussi vite qu'on le veut, car on peut multiplier les ateliers et recourir à la voie ordinaire de chemin de fer de $1^m,50$ de large.

Il faut, autant que possible, régler horizontalement le fond du souterrain et éviter les flaches, car, si l'épaisseur de la couche de ballast est inégale, on a de fréquentes ruptures de rails. M. Graëff conseille même de remplir les flaches avec de la maçonnerie ordinaire.

La reprise des pieds-droits en sous-œuvre est indiquée sur la figure 5; cette opération ne souffre pas de difficulté et l'on peut sans crainte opérer sur des largeurs de 4 à 5 mètres. Dans les pieds-droits, on ménage tous les 50 mètres environ des caponnières ou niches de refuge ayant $1^m,50$ d'ouverture, 1 mètre de profondeur et $2^m,50$ de hauteur sous clef; ces niches sont alternativement à droite et à gauche de l'axe.

Comme remarque générale sur la méthode que nous venons de décrire, faisons observer avec M. Graëff qu'il y a avantage à placer le plus haut possible le fond de la galerie d'avancement; car on augmente alors le cube du stross en diminuant le cube des autres parties et le déblai de celles-ci est plus coûteux que le déblai de celui-là. Cependant il faut remarquer que le fond de la galerie d'avancement doit être au-dessous du joint de rupture de la voûte et de plus que son toit ne doit pas dépasser la limite fixée pour l'extrados.

Les dépenses relatives à la construction des trois souterrains du Bas-Rhin sont récapitulées et résumées dans les tableaux suivants, extraits de la notice de M. Graëff :

ÉTAT RÉCAPITULATIF ET RÉSUMÉ DES TROIS SOUTERRAINS DU BAS-RHIN.

DÉSIGNATION DES OUVRAGES.	SOUTER. DE STUTZMATT.			SOUT. DE MUNGELBAECHEL.			SOUTER. DU HAUT-BARR.		
	CUBE PAR MÈTRE COUR. DE SOUTERRAIN	PRIX DU MÈTRE CUBE.	DÉPENSE PAR MÈTRE COUR. DE SOUTERRAIN	CUBE PAR MÈTRE COUR. DE SOUTERRAIN	PRIX DU MÈTRE CUBE.	DÉPENSE PAR MÈTRE COUR. DE SOUTERRAIN	CUBE PAR MÈTRE COUR. DE SOUTERRAIN	PRIX DU MÈTRE CUBE.	DÉPENSE PAR MÈTRE COUR. DE SOUTERRAIN
	m. c.	fr.	fr.	m. c.	fr.	fr.	m. c.	fr.	fr.
Déblais de galeries transversales	»	»	»	»	»	»	1.82	18.13	33.06
— de galeries longitudinales	4.12	16.89	69.66	4.39	16.91	74.30	4.54	18.13	78.84
— d'élargissement	20.83	6.32	131.74	23.95	6.55	156.93	23.52	6 67	157.01
— de foncement	27.77	4.59	127.54	25.09	4.50	112.98	25.37	4.72	119.92
TOTAUX DES CUBES ET DES DÉPENSES DU PERCEM. ET PRIX MOYEN QUI EN RÉSULTENT.	52.72	6.23	328.94	53.43	6.44	341.21	55 05	7.06	388.85
Déblais d'éboulements	1.41	1.89	2.68	1.44	1.89	2.73	1.94	1.89	3.68
Piquage de paroi au mètre carré	3.97	1.53	6.12	5.32	1.48	7.96	3.60	1.56	5.66
Bois	1.26	35.71	45.04	1.23	47.08	57.95	1.15	40.30	46.50
Fers, au kilogramme	14.41	0.31	4.58	17.54	0.31	5.58	14.68	0.32	4 76
Maçonnerie pour voûtes	8.81	24.56	216.61	9.04	24.69	223.32	7.48	24.97	228.19
— pour pieds-droits, y compris les parements vus	3.08	13.56	41.86	3.06	12.65	38.76	4.23	11.86	50.22
Remplissage en pierre sèche	3.73	1.33	4.98	3.50	1.49	5.24	3.64	1.36	4.96
Murs de ballast, au mètre courant de souterrain	»	»	3.84	»	»	3.84	»	»	3.86
Dépense des deux têtes	»	»	8.71	»	»	6.92	»	»	31.88
Maçonneries et ouvrages divers dans les fondis	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Cheminée d'aérage du souterrain de Mungelbaëchel	»	»	»	»	»	1.24	»	»	»
Cuvette du ruisseau de Mungelbaëchel	»	»	»	»	»	1.92	»	»	»
TOTAUX			663.36	»	»	699 67	»	»	768 53
Dépense sur la somme à valoir			21.97	»	»	18.27	»	»	45.09
TOTAUX			685 33	»	»	717.94	»	»	813.62

SOUS-DÉTAILS.

DÉSIGNATION DES SOUTERRAINS.	ÉLÉMENTS DU PRIX MOYEN DU MÈTRE CUBE.							
	Main-d'œuvre p. déblayer, étayer, blinder, charger.	Transport et déchargement des déblais.	Poudre, soufre, cartouches, etc.	Éclairage.	Entretien des outils.	Total, non compris le matériel.	Matériel et faux frais divers.	Prix.
1° Percement de galerie.								
Souter. de Stutzmatt. (399m70 de long.)	10f 07	0f 75	4.10	0f 40	0f 40	15f 72	1f 17	16.89
Sout. du Mungelbaëchel (493m20 de long.)	10.05	0.79	4.10	0.40	0.40	15.74	1.17	16.91
Sout. du Haut-Barr. (303m40 de long).	10.65	0.72	4.23	0.43	0.45	16.48	1.65	18.13
2° Abatage en grand, ou élargissement à l'emplacement de la voûte.								
Stutzmatt.	3.15	0.65	1.50	0.20	0.35	5.85	0.47	6.33
Mungelbaëchel. . . .	3.16	0.72	1.52	0.20	0.39	5.99	0.56	6.55
Haut-Barr.	3.20	0.67	1.57	0.21	0.40	6.05	0.62	6.67
3° Foncement, ou enlèvement du stross.								
Stutzmatt.	1.95	0.40	1.40	0.15	0.30	4.20	0.39	4.59
Mungelbaëchel. . . .	1.95	0.40	1.40	0.15	0.30	4.20	0.30	4.50
Haut-Barr.	2.00	0.38	1.42	0.16	0.35	4.31	0.41	4.72

TUNNELS DE VIERZY, DE RILLY, DES BATIGNOLLES.

Ces trois tunnels ont été construits d'après une méthode presque identique à celle que nous venons de décrire ; aussi n'entrerons-nous pas dans de grands détails à leur sujet.

Tunnel de Vierzy. — Le tunnel de Vierzy se trouve sur la ligne de Paris à Soissons, entre cette dernière ville et Ormoy. La figure 7 de la planche VII en indique la section transversale et longitudinale en même temps qu'elle donne la disposition des têtes. Ce tunnel a 1400 mètres de longueur, en alignement droit, avec une pente continue de 0,003.

On a creusé deux puits intermédiaires pour l'extraction des déblais, ayant environ 40 mètres de profondeur et dans chacun on installa un monte-charge hydraulique : le wagonnet, chargé de déblai, arrivant à la partie basse du puits, était placé sur le plateau d'une caisse en tôle guidée à l'intérieur du puits par des galets roulants sur des rails verticaux ; à la caisse est fixée une chaîne qui monte jusqu'au sol, s'enroule sur un tambour et porte de l'autre côté une autre caisse : dans cette caisse, on place les matériaux dont on peut avoir besoin dans le tunnel, ou, à défaut de matériaux, on la remplit d'eau ; lorsqu'elle est assez lourde pour entraîner la charge opposée, elle descend et on modère le mouvement à l'aide d'un frein. La caisse, arrivée au fond du puits est vidée, l'eau est recueillie dans un puisard et ramenée à la surface par une pompe que fait mouvoir une locomobile de six chevaux.

Par ce procédé, on montait et on déchargeait environ huit wagons à l'heure.

Quant à l'exécution, elle comprenait les opérations déjà connues : 1° ouverture de la galerie d'avancement blindée, de 2 mètres sur 2 mètres ; 2° abatage en grand latéralement à cette galerie ; 3° construction de la voûte ; 4° enlèvement du stross ; 5° reprise de la voûte et des pieds-droits en sous-œuvre.

D'après un marché à forfait, le prix a été de 1,200 francs au mètre courant, savoir :

Déblais.	292	francs.
Maçonnerie.	710	—
Bois.	194	—
Fer..	4	—
Total égal. . . .	1,200	francs.

Tunnel de Rilly. — Il se trouve sur l'embranchement d'Épernay à Reims, et le mode d'exécution en a été le même que pour les souterrains du Bas-Rhin ; il a 3450 mètres de longueur, et on a creusé dix puits intermédiaires, de manière à créer vingt-deux points d'attaque ; mais un de ces puits dut être abandonné à cause de l'abondance des sources.

Le déblai s'exécutait facilement, car on traversait la craie, et on ne dépensa pour le déblai que 147 francs par mètre courant de tunnel. Ce qui augmenta le prix de revient, ce furent les difficultés qu'on rencontra à creuser les puits à travers des terrains aquifères. L'ensemble des puits revint à 400.000 francs, soit à 650 francs par mètre courant de puits ou 116 francs par mètre courant de souterrain.

Néanmoins, l'ouvrage a été établi dans de bonnes conditions économiques, et n'est revenu qu'à 721 francs par mètre courant, laquelle somme se décompose comme il suit :

Déblais du tunnel proprement dit. . .	147	francs.
Dépense pour le fonçage des puits. . .	117	—
Cintre, étais, bois de toute nature. .	64	
Muraillement.	260	—
Épuisements, éclairages, divers. . . .	133	—
Total égal. . . .	721	francs.

La figure 8 de la planche VII donne la coupe en travers du tunnel de Rilly.

Tunnel des Batignolles. — Le tunnel des Batignolles fait suite à la gare Saint-Lazare et dessert l'énorme circulation des lignes de banlieue et des lignes de Normandie.

A l'origine, il n'y avait que deux voûtes, et on résolut d'en construire une troisième qui donne passage au chemin de fer d'Auteuil : c'est un plein cintre de 4 mètres de rayon, supporté par des pieds-droits à parement vertical. On a donc 8 mètres de largeur libre, et ce n'est pas trop pour le passage continuel des piétons.

La longueur de ce tunnel est de 331^{m},57 entre les parements des têtes ; ce serait nous répéter inutilement que d'exposer encore la méthode de construction : la percée était faite dans un terrain assez solide, quoique attaquable au pic ; aussi l'étayement et le déblai n'offrirent pas de difficulté.

La maçonnerie de la voûte se compose de meulières hourdées avec un mortier renfermant trois de sable pour un de ciment Portland de Boulogne ; dans les pieds-droits, on se servit d'un mortier plus maigre, contenant quatre volumes de sable pour un de ciment.

Vu les circonstances exceptionnelles dans lesquelles on se trouvait, les dépenses se sont élevées à 650,000 francs, soit à peu près de 2,000 francs par mètre courant. On ne saurait prendre un pareil travail comme point de comparaison.

Tunnels divers. — Sur le chemin de fer de Saarbrück à Mannheim, on trouve creusés dans les Vosges divers tunnels ayant 7^{m},40 de large et 5^{m},50 de hauteur sous clef, qui ne sont guère revenus qu'à 300 francs ; il est vrai qu'ils sont dépourvus de revêtement.

Entre Orléans et Bordeaux, les souterrains ouverts dans le calcaire sont revenus de 900 à 1,000 francs le mètre courant, et voici la décomposition de cette dépense :

Déblais.	300 à 350	francs.
Bois et muraillement.	400 à 450	—
Puits et divers.	200	—

Entre Avignon et Marseille, on trouve le tunnel de la Nerthe, dont la longueur est de 4,638^{m},80 ; il est ouvert dans le calcaire marneux. Pour résister aux poussées possibles, on a adopté un radier en voûte renversée, et, au lieu de 56 mètres carrés de section que l'on compte d'ordinaire, on est arrivé à 70 ou 80 mètres carrés.

Le prix de revient a été de 2,200 francs par mètre courant, laquelle somme se décompose comme il suit :

Déblais, à 8 fr. le mètre cube.	600 fr.
Puits et épuisements.	400
30 à 35 mèt. cubes de maçon à 23 fr. (voûte et radier).	800
Construction des têtes et divers.	400
Total égal.	2,200

On a eu recours à vingt-quatre puits de 4 mètres de diamètre, dont la profondeur varie de 20 à 190 mètres, et qui ont coûté 500 francs par mètre courant ; leur longueur totale est de 1540 mètres ; la dépense correspondante, 1,800,000 francs.

Le tunnel de la Motte, entre Lisieux et Caen (ligne de Paris à Cherbourg) a 2,560 mètres de longueur ; il traverse une marne compacte dont une partie a pu se tenir sans muraillement. La construction a duré deux ans et demi, épuisements coûteux, dépense par mètre courant, 984 francs, qui se décompose comme il suit :

Déblais	450 fr.
Bois et fer	40
Muraillement	265
420 mèt. de puits, à 300 fr. l'un, ou, par mètre de tunnel.	45
Épuisements	117
Éclairage et divers	67
TOTAL ÉGAL	984

S'il s'agissait de tunnels à une voie, il faudrait réduire d'un quart les estimations précédentes. (Renseignements extraits du cours de M. Bazaine.)

TUNNELS DU CANAL DE TAMISE ET MEDWAY.

Le tunnel pour le passage du canal de Tamise et Medway a été construit en 1822 ; il a 3,620 mètres de long, 8 mètres de largeur moyenne, et se trouve au maximum à 59 mètres au-dessous du sol naturel. Il est representé par les figures 1 et 2 de la planche XIV, et voici la description qu'en donne Minard :

Le souterrain du canal de Thames et Medway est ouvert dans la craie; il a 3,620 mètres de longueur. On a percé douze puits d'extraction maçonnés de 2^{m},40 de diamètre et onze cheminées d'aérage de 1^{m},80 ; les distances des puits d'extraction variaient de 180 à 540 mètres.

La largeur de la voûte est de 8 mètres et quelquefois 10 mètres, y compris 1^{m},68 de chemin de halage où passe un cheval. La hauteur, depuis le fond jusque sous la clef, est de 10^{m},50 quand la voûte est en ogive ; mais elle est aussi à plein cintre et même surbaissée vers le tiers de la longueur du souterrain. En un point où le terrain déprimé n'a que 25 mètres au-dessus du fond, on a ménagé une gare à ciel ouvert pour le croisement des bateaux ; elle a 64 mètres de longueur sur 19 mètres de largeur.

Ce souterrain a été fait en ouvrant cinq galeries longitudinales, figure 1, et en conservant entre elles quatre piliers qu'on a abattus ensuite en construisant successivement la voûte par parties et en grande hâte, afin de prévenir la chute du toit.

Les difficultés d'excavation de plusieurs parties tenaient à la rencontre des veines de silex et aux joints ouverts qui étaient larges et nombreux. Des ouvriers ont été tués par des masses qui se détachaient à cause des lézardes imperceptibles dans les parties qui paraissaient les plus solides et où l'on n'avait pas jugé nécessaire de prendre des précautions.

Quelquefois les ouvriers ont été obligés d'abandonner le travail à cause du mauvais air et de percer des puits d'aérage ; dans le commencement, il y en a qui ont été rapprochés jusqu'à 20 mètres.

On a trouvé moins d'eau qu'on ne le présumait. On a épuisé avec des pompes

à bras à plusieurs étages. Les communications souterraines des sources ont présenté le même phénomène qu'au canal de Saint-Quentin : c'est-à-dire qu'à plus de 1200 mètres de distance le percement a fait tarir les puits où l'eau était plus élevée que le canal, et dans d'autres où elle était plus basse, elle est devenue saumâtre quand on a introduit dans le canal l'eau salée de la Medway.

TUNNEL DE BRUNEL, SOUS LA TAMISE, A LONDRES.

En 1802, on avait essayé de créer un aqueduc à Rotherhithe sous la Tamise : on était arrivé jusqu'à 200 mètres environ sous la rivière, lorsque le souterrain sortit du terrain relativement ferme pour entrer dans une couche exposée à l'influence des marées ; bien qu'on fût à 10 mètres au-dessous du fond de la rivière, le toit s'effondra lors d'une grande marée, et la cavité fut remplie. On essaya bien de reprendre le travail, mais on dut y renoncer.

De même un souterrain, entrepris sous la Severn, fut abandonné.

En 1823, Brunel présenta un projet de double galerie sous la Tamise; ce projet fut accueilli avec faveur. Les sondages avaient indiqué qu'une couche de glaise serait superposée au souterrain et le préserverait.

Les figures 5 à 9 de la planche XIV permettront de comprendre la marche du travail. Elles sont empruntées à une notice rédigée en 1833 par M. l'ingénieur Bazaine, revenant d'une mission en Angleterre.

Brunel commença par foncer sur chaque rive les puits d'accès, et cela par un procédé qui depuis a trouvé de nombreux imitateurs.

Il commença par battre une enceinte circulaire de pieux, à l'intérieur de laquelle il éleva une tour ou cylindre creux en maçonnerie de brique de 15 mètres de diamètre et de 1 mètre d'épaisseur. Cette tour reposait par l'intermédiaire d'un rouet en bois sur un anneau vertical en fer fondu terminé par un tranchant.

Sur le sommet de la tour, on plaça une machine à vapeur mettant en mouvement une chaîne d'augets destinée à monter les déblais; les ouvriers piochaient la terre à l'intérieur de la tour, les augets enlevaient les déblais, le couteau en fer tranchait le sol et la masse entière s'enfonçait peu à peu, grâce à son énorme poids.

Il y eut cependant une descente brusque de $0^m,20$, accompagnée d'un bruit semblable à celui de la foudre; mais aucune partie de la construction ne souffrit de cette secousse violente.

En vingt jours, la tour descendit de $11^m,28$ à travers les sables et graviers, et arriva à un sol ferme; on la reprit en sous-œuvre, et l'on enfonça le puits jusqu'à $19^m,52$. A l'intérieur de la grande tour, on enfonça alors une tour plus petite de $7^m,60$ de diamètre et de 6 mètres de profondeur; celle-ci est destinée à recevoir les eaux d'infiltration que l'on enlève ensuite avec des pompes.

La première tour servit pour les piétons; on dut l'englober d'une autre tour de 48 mètres de diamètre destinée à contenir une rampe hélicoïdale pour les voitures.

A dix-neuf mètres de profondeur, on commença à ouvrir la grande galerie de $11^m,60$ de largeur et de $6^m,86$ de hauteur, à l'intérieur de laquelle on maçonna deux voûtes du tunnel représentées par la figure 6; on donna à cette galerie

une pente descendante vers le fleuve de 0,0225 afin de conserver partout une hauteur suffisante de terrain entre les eaux et le tunnel.

De la sorte, on obtint pour cette hauteur un minimum de 22^{m},88. Le déblai se fit à pleine section au moyen de l'appareil en fonte, auquel on donna le nom de bouclier et que représentent les figures 7 et 8 de la planche XIV.

Le bouclier consiste en douze grands châssis juxtaposés et indépendants, que l'on fait avancer à l'aide des vis (*m*) s'appuyant d'une part sur la maçonnerie déjà faite (*e*) et d'autre part sur les châssis eux-mêmes. Chaque bouclier est divisé en trois étages, cela fait donc trente-six cellules et dans chacune d'elles le terrain est maintenu par des plaquettes de métal indépendantes, que l'on peut lever pour déblayer le terrain par très-petites quantités à la fois, et pour ainsi dire à la cuiller.

Chaque châssis repose sur des madriers en fonte *g* et peut être élevé au moyen de la vis verticale (*n*); latéralement les terres sont maintenues par des madriers en fonte *h* et par des murs *k* de 0^{m},228 d'épaisseur.

La pression énorme, due aux marées, causa les plus grandes difficultés; les eaux rendaient le terrain semi-fluide et celui-ci s'écoulait par les orifices sous la forme d'un noir ruisseau; une excavation se produisit même sur le bouclier, mais, grâce aux précautions prises, le danger fut conjuré.

On n'avançait que par tranches successives ayant au plus 0^{m},228 de longueur (plus grande dimension d'une brique et au moins 0^{m},076 (dimension d'une brique posée à plat.)

Cependant la confiance était si grande qu'on avança de plus de trois mètres par semaine, sous le milieu même de la rivière; on obtint un jour un avancement de près d'un mètre.

Il va sans dire que les maçonneries étaient hourdées uniquement avec un ciment à prise rapide.

Une circonstance montre bien l'étendue des difficultés à vaincre; une bêche et un marteau, abandonnés au fond de la rivière par un plongeur, sortirent par le bouclier vingt jours après.

Des vaisseaux ayant jeté l'ancre au-dessus de l'ouvrage, déterminèrent un courant et des affouillements considérables; les terres au-dessus du souterrain furent emportées et les eaux passèrent en nappe le long du bouclier. Néanmoins, la maçonnerie résista, mais on dut abandonner le travail et on ne put le reprendre qu'après avoir bouché l'excavation avec de la terre glaise immergée dans de petits sacs. La pression des marées appliqua cette masse contre les parois du tunnel et le mal fut réparé.

Quelque temps après, une nouvelle irruption se produisit; la vase fluide pénétra comme de la lave, et produisit une détonation violente en même temps que le courant d'air éteignait toutes les lumières. M. Brunel jeune, qui était de service, fut grièvement blessé et six ouvriers périrent.

On remédia au désastre par les mêmes moyens que la première fois, et on acheva le travail.

Ce travail fait le plus grand honneur à l'ingénieur Brunel, que la France compte avec orgueil au nombre de ses enfants.

Le souterrain ne fut entièrement terminé que dix-huit ans après avoir été commencé, il a coûté 12,500,000 francs.

NOUVEAU TUNNEL DE LONDRES.

Le nouveau tunnel de Londres se trouve en amont de la Tour, à 500 mètres en aval du pont de Londres, il relie Tower-hill à Wine-Street.

Un viaduc était impossible à cause de la grande hauteur à réserver pour le passage des navires; un bac à vapeur eût été fort gênant dans un endroit où existe une navigation aussi active.

La construction d'un tunnel, proposée par l'ingénieur Barlow, fut donc adoptée, et le travail fut exécuté en une seule année.

M. l'ingénieur Piéron en a rendu compte dans les annales des ponts et chaussées, et nous ne pouvons mieux faire que de lui laisser la parole :

Description du tunnel. Les travaux consistent en deux puits, joints par un souterrain. Les puits ont 19^m,20 et 17^m,10 de profondeur environ, avec un diamètre intérieur de 3^m,10.

Ils traversent des dépôts récents, puis un banc de gravier (épais de 5 à 6 mètres environ) et pénètrent alors dans les couches argileuses connues sous le nom de « London Clay » et où s'étend le tunnel. Le revêtement des puits est en briques sur toute leur hauteur, excepté dans la traversée du gravier, où il est en fonte; l'exécution n'a présenté rien de particulier; les eaux, comme on s'y attendait en pénétrant dans le gravier, ont nécessité d'assez forts épuisements, sans nuire au succès de l'ouvrage; nous n'insisterons que sur le tunnel. (Fig. 10 à 15, pl. XIV.)

Celui-ci s'étend, avec une section circulaire de 2^m,133 de diamètre intérieur, sur une longueur de 402^m,328. En se dirigeant de chaque puits vers le centre, on rencontre d'abord un palier de 30^m,50 environ de longueur, puis une pente de 0^m,025 jusqu'au milieu du souterrain, où se trouve le point le plus bas. Les paliers sont à 14^m,650 au-dessous du niveau des hautes eaux de la Trinité et le point milieu n'est séparé du lit de la Tamise que par une épaisseur de 6^m,705.

Exécution des travaux. — On sait que dans les travaux de ce genre, les moindres mouvements du terrain ambiant peuvent produire des fissures que le voisinage de l'eau rend dangereuses. Dans la pratique ordinaire, ces mouvements sont fort difficiles à prévenir d'une manière absolue : parce que le boisage ne peut prendre exactement la forme de l'excavation; parce que les pièces qui le supportent se compriment, et, enfin, parce qu'il est difficile d'obtenir un bourrage assez bien fait pour éviter tout tassement, surtout quand on retire les bois.

La méthode adoptée pour le percement du tunnel permet un avancement rapide et procure une grande sécurité.

Le bouclier est en tôle, fig. 12 et 13, il se compose de six voussoirs, laissant une ouverture centrale en forme d'hexagone regulier de 0^m,559 de rayon. Vers la circonférence extérieure, le plan de joint des voussoirs est abattu par un pan coupé. Il en résulte qu'il existe, à l'extrémité de chacun des joints, un triangle qui reçoit une pièce de fer avec écrou en bronze.

On a de la sorte six écrous où s'appliquent les verrins destinés à pousser le bouclier. Ces verrins, à fond de course, se logent dans une gaîne qui les soustrait au contact des déblais. En outre, deux ventelles, mobiles dans une rainure, peuvent en cas d'accident, fermer l'ouverture centrale; cette disposition pourrait, le cas échéant, empêcher l'irruption des eaux dans la portion déjà faite, couvrir la

retraite des ouvriers et permettre d'attendre et d'étudier les moyens de poursuivre les travaux.

Ce bouclier supporte la partie antérieure d'un tube en tôle, dans l'intérieur et à l'abri duquel se fait le tunnel. Le tube en tôle, épais de $0^m,0125$, dépasse le bouclier de $0^m,228$ et s'appuie, par son autre extrémité, sur la partie déjà effectuée; sa longueur totale est de $1^m,366$.

Le tunnel se compose d'une série d'anneaux en fonte soigneusement boulonnés entre eux. Chaque anneau, de 22 millimètres d'épaisseur et $0^m,452$ de longueur, est formé par quatre segments dont trois égaux et un plus petit qui complète la circonférence. On place ce dernier segment au sommet de la voûte, et tandis que les deux joints des trois autres deux à deux sont dirigés suivant des plans qui passent au centre, les deux plans de joint du voussoir supérieur avec les voisins sont verticaux et permettent de l'introduire par l'intérieur de la circonférence.

Les joints, soit entre deux anneaux consécutifs, soit entre deux segments d'un même anneau, sont garnis en ciment de Médina. De plus, le bouclier ayant 1 diamètre de $0^m,50$ inférieur à celui du tunnel, laisse, par son avancement, un espace annulaire vide de $0^m,25$ d'épaisseur. On le bourre en y injectant jusqu'à refus un mortier clair de chaux bleue du lias, dont la prise est rapide, et dont la présence prévient l'oxydation de la fonte.

Voici maintenant le procédé adopté pour la pose des anneaux. Imaginons que le bouclier soit en tête et tout près de la partie déjà faite ; le dernier anneau reçoit six butoirs en fonte, assujettis à l'aide de boulons et d'écrous, qui peuvent, par conséquent, être déplacés et occuper toujours la tête du tunnel, afin d'y recevoir la poussée des verrins. En cet état, d'une part : on porte, au-devant du bouclier, l'excavation à la section convenable, sur une longueur très-faible (cette opération est favorisée par l'avance de $0^m,228$ donnée au tube sur le bouclier); d'autre part, on pousse, par une rotation des verrins, le bouclier et par suite le tube, de façon à maintenir toujours blindée l'excavation faite. Lorsque l'avancement ainsi obtenu est de $0^m,452$, les verrins, à bout de course, sont ramenés dans leurs gaines, les butoirs sont démontés, et l'on trouve, à l'intérieur du tube en tôle, l'espace nécessaire à la pose d'un anneau. Cette opération est tellement simple, qu'il n'y a pas lieu de la décrire. Dès qu'elle est faite et que tous les boulons sont placés, les butoirs se remontent en tête et l'on retrouve les conditions initiales qui permettent de repasser par les mêmes phases.

Le chantier est peu compliqué; en effet, le cube des déblais à extraire est faible en raison de la petite section du tunnel et d'ailleurs réduit au strict nécessaire, en raison de la méthode adoptée.

Le déblai est commencé par deux mineurs qui travaillent dans une petite galerie d'avancement de $1^m,80$ de hauteur sur 1 mètre de largeur moyenne et d'une longueur de 2 à 3 mètres; deux ou trois hommes, derrière eux, élargissent la galerie jusqu'à la section du bouclier; deux rouleurs poussent jusqu'aux puits les trucs portant les bennes où se placent les matériaux extraits; enfin, un maçon fait les joints et le contre-maître dirige et surveille,

Du puits, la benne est remontée par une petite locomobile, déchargée et renvoyée au chantier. L'emplacement nécessaire à la surface du sol est aussi restreint que possible; il se compose de : 1° l'orifice du puits; 2° la place de la locomobile (à chaudière verticale pour économiser l'espace); 3° quelques mètres carrés où sont déposés les approvisionnements de la machine, quelques sacs de ciment et quelques anneaux de fonte, et où se trouve l'établi du menuisier et le

bureau de l'ingénieur. L'aménagement est complété par une petite pompe placée sur la locomobile pour envoyer de l'air à l'atelier, et par des fils télégraphiques qui établissent la communication entre le bureau et les travailleurs. Si l'on compare l'importance et la difficulté du but à atteindre avec la simplicité des moyens employés, on est vivement frappé de la manière heureuse dont on a résolu ce problème : exécuter un pareil travail sur une place fréquentée comme l'est Tower-hill, sans gêner la circulation et le mouvement commercial.

La marche des travaux a été heureuse et rapide; les couches d'argile traversées étaient compactes et tellement imperméables que l'on était obligé de faire venir, par le puits de Middlesex, l'eau nécessaire à la confection du mortier. Au mois de juin, le point où le lit de la rivière se rapproche le plus ($6^m,705$) de l'arête supérieure du tunnel était franchi. Au mois d'août, le rapport de l'ingénieur constatait que l'on avait dépassé les points les plus dangereux et exécuté $263^m,952$ sur $402^m,328$. On prenait les premières mesures pour le creusement du puits de Surrey. Les travaux ont commencé le 16 février et ont exigé les mois de mars, avril, mai, juin et juillet, soit environ 162 jours pour le percement de $263^m,952$; durant cette période, l'avancement moyen a donc été de $1^m,62$ par jour. Mais à l'époque dont nous parlons (août) la vitesse journalière, soit par suite d'une plus grande expérience, soit par suite d'une plus grande confiance, atteignait jusqu'à $2^m,743$. Il en résulte une avance sur les prévisions premières. Au mois d'octobre, le tunnel était poussé à quelques pieds du puits de Surrey. Dans le courant de novembre, la communication a été ouverte; la voie est aujourd'hui posée; on essaye en ce moment le véhicule adopté; l'ouverture du tunnel au public sera prochaine.

Aperçu de la dépense. — La dépense n'est point encore exactement connue : on sait qu'en y comprenant le prix des puits et des terrains elle ne dépassera pas 400,000 francs, soit environ 1,000 fr. le mètre.

Le prix de revient du tunnel proprement dit peut se calculer aisément avec les prix élémentaires de chaque pays. On voit en effet que le poids de la fonte s'élève à 1200 kilog. par mètre courant environ, et la composition du chantier, ainsi que la vitesse d'avancement (on peut la considérer comme étant en moyenne $1^m,50$ par jour; elle varierait d'ailleurs avec le terrain) permettent d'évaluer la main-d'œuvre.

Exploitation. — Il reste à donner sur l'exploitation quelques renseignements; ils seront d'autant plus brefs que le problème est à l'étude, et que la solution n'est pas encore consacrée par la pratique.

Le tunnel est destiné seulement au passage des voyageurs; ils seront transportés dans un omnibus métallique courant sur rails d'acier posés avec le plus grand soin. Cette voiture pèse en pleine charge (avec 14 voyageurs), deux tonnes environ. Elle se compose d'une caisse faite de plaques d'acier et montée sur un châssis à jour que portent quatre roues. Ces roues sont munies de freins que l'on peut, à l'aide de leviers à pédales, manœuvrer depuis chaque extrémité du véhicule. A chaque sortie du tunnel un ascenseur doit monter les passagers. La station se réduit ainsi à la surface du puits.

Une impulsion initiale donnée, au moyen d'un câble, par une machine fixe placée dans la chambre en briques du puits, fournira le travail absorbé par le frottement et la résistance de l'air; le travail de la pesanteur est nul. La durée du trajet n'atteindra pas trois minutes, et l'on compte avec un service de douze heures par jour, pouvoir transporter jusqu'à 2,000,000 de voyageurs par an.

Ce mode de communication a été inspiré par la crainte que l'éclairage au gaz

nécessité par le passage des piétons ne vînt à vicier l'air du souterrain, et à en rendre la traversée désagréable.

Il y a lieu de croire que cet omnibus formant en quelque sorte piston procurera une ventilation énergique.

L'auteur du projet ne s'était pas borné au « Tower Subway. » Il avait conçu l'idée de créer dans Londres un service d'omnibus souterrains dont toutes les stations seraient au même niveau. Cette condition se réaliserait d'abord en donnant différentes longueurs aux puits; ensuite en adoptant trois étages de tunnels reliés par des ascenseurs.

Peut-être ces plans seront-ils un jour mis en exécution; malheureusement, il n'a pas été donné à leur promoteur de voir le commencement de son œuvre; c'est son fils, M. Peter W. Barlow junior, qui a dirigé les travaux ; le succès qu'il a obtenu dit avec quelle habileté.

MÉTHODE RZIHA.

L'ingénieur allemand, qui a publié un traité complet de la construction des tunnels, a présenté à l'Exposition universelle de 1867 un nouveau modèle de cintres et de bouclier métalliques. Sa méthode a reçu quelques applications, elle n'est pas répandue en France; cependant elle est susceptible de rendre de grands services.

Elle a du reste de grandes analogies avec le bouclier de Brunel, et consiste surtout à donner aux diverses cellules de ce bouclier un mouvement indépendant. On en comprendra le principe en jetant les yeux sur la figure 2 de la planche XIII, calquée dans l'ouvrage de M. Rziha.

On a recours à des fermes métalliques en fer ou en fonte, reliées par des rails faisant office de moises longitudinales ; quelques-unes de ces fermes font office de cintres et supportent les derniers anneaux de la voûte, celles qui sont en avant soutiennent les parois de l'excavation.

Contre ces fermes s'appuient des montants verticaux (*bb*) sur lesquels s'assemblent par un goujon horizontal des pièces *a*, *a*, qui peuvent donc être relevées à volonté en tournant autour du goujon; elles se terminent par une semelle *c*, *c*, qui maintient appuyés contre le terrain des madriers horizontaux jointifs.

Sur la figure on voit que la cellule supérieure est complétement excavée et que les terres sont maintenues par les jambes de force (*a*, *a*) prenant leur point d'appui sur la ferme 1 ; les terres de la cellule immédiatement inférieure sont aussi maintenues par des jambes de force qui prennent leurs points d'appui sur la ferme 2 ; pour poursuivre le déblai, on relèvera une de ces jambes de force, on rendra libre un certain nombre de madriers horizontaux, et on enlèvera le terrain derrière, on en fera autant pour l'autre jambe de force. On pourra alors reporter en avant le montant vertical sur lequel s'assemblent les jambes de force et le poser sur la ferme 1. Et, ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on ait créé la place d'une nouvelle ferme.

Ce système paraît convenir surtout à la méthode autrichienne; cependant, on comprend qu'il peut être varié et appliqué de diverses manières. Il était utile de le faire connaître au lecteur.

TUNNEL D'IVRY.

Le tunnel d'Ivry, construit pour le passage du chemin de fer de ceinture, a donné lieu à de grands travaux de reprises en sous-œuvre et de consolidation.

A ce titre, il est intéressant ; c'est pourquoi nous avons cru devoir reproduire ici la notice descriptive qui en a été présentée à l'Exposition universelle de 1867 par le ministère des travaux publics :

Emplacement. — Le tunnel d'Ivry est établi sous le terrain militaire qui constitue le champ de manœuvre ou poste-caserne n° 90, entre la route d'Ivry et la rue du Château-des-Rentiers.

Dimensions. — L'ouvrage mesuré suivant l'axe du chemin de fer a 202^m,39 de longueur entre les deux têtes. Le plan de la tête d'amont fait avec l'axe du chemin de fer un angle de 84° 12' ; celle d'aval est normale à cet axe.

Les profondeurs de la plate-forme au-dessous du terrain naturel sont, à la tête amont 9^m,59, et à la tête aval 13^m,72 ; en moyenne, 11^m,655.

La pente de la voûte, comme celle de la voie, est de 0^m,010 par mètre.

Le souterrain, qui a été exécuté à ciel ouvert dans des sables rouges excessivement mobiles superposés à une marne assez compacte, reposant elle-même sur les bancs calcaires de diverses natures qui constituent le terrain parisien, se compose d'une voûte en plein cintre de 4^m,02 de rayon, présentant 0^m,80 à la clef et 1^m,45 aux naissances. Cette voûte, recouverte de deux chapes, l'une de 0^m,05 d'épaisseur en mortier hydraulique, l'autre de 0^m,01 en asphalte, repose sur deux pieds-droits de 1^m,25 d'épaisseur munis du côté des terres de contre-forts de 3^m,15 de haut, 1^m,50 de large et 2 mètres de saillie, espacés de 5^m,55 d'axe en axe. Des barbacanes pour l'écoulement des eaux sont ménagées dans l'axe de chaque trumeau. Dans les pieds-droits du tunnel sont disposés en quinconce, et à 25 mètres de distance d'axe en axe, pour un même côté, des niches de refuge voûtées en plein cintre, ayant 2 mètres de largeur, 0^m,60 de profondeur et 3^m,05 de hauteur totale au-dessus des dalles qui, vis-à-vis de ces niches, recouvrent les caniveaux. Les naissances de ces refuges sont au même niveau que celles de la voûte du tunnel. Les têtes de l'ouvrage sont formées d'une archivolte de 0^m,60 de largeur, présentant également une saillie de 0^m,05 sur le nu des maçonneries et décorée de bossages ; au-dessus règne un bandeau de 0^m,50 de hauteur superposé à des modillons de 0^m,25 de large sur 0^m,35 de haut, espacés également entre eux de 0^m.25. Un parapet de 1^m,10 de hauteur, encadré par des dés et par une lisse en pierre de taille de 0^m,20 de hauteur, couronne ce bandeau à la tête amont. Il est supprimé, comme il a été dit ci-dessus, à la tête aval.

L'écoulement des eaux se fait de chaque côté du tunnel par des caniveaux maçonnés, formant empatement de chaque pied-droit et offrant un débouché de 0^m,45 en gueule, et 0^m,30 au plafond, avec 0^m,85 de profondeur. Le mur intérieur de ces caniveaux, qui a 0^m,45 en pied et 0^m,30 en crête, soutient la couche de ballast et les dalles placées devant chaque niche de refuge. La largeur libre entre les faces intérieures de celles-ci est de 6^m,40, réduite à 6^m,30 entre les parements intérieurs des murettes des caniveaux.

L'appareil biais de la tête amont se raccorde avec le reste de l'ouvrage à 6^m,676 du parement de cette tête, au moyen d'un cours de voussoirs disposés en crémaillère : l'appareil adopté est l'appareil hélicoïdal.

Enfin, l'écoulement des eaux pluviales amenées par le talus de la tête aval est assuré par un canal circulaire en maçonnerie, établi à ciel ouvert en arrière du bandeau et qui se prolonge le long des talus de la tranchée voisine, juxtaposé au tympan de la tête du souterrain, de manière à conduire ces eaux dans les caniveaux mêmes de la tranchée.

Consolidations. — Le tunnel en lui-même a été la partie la moins difficile de l'ouvrage. Au-dessous, en effet, existent des vides considérables, résultant de

l'exploitation fort ancienne des bancs calcaires de bonne qualité employés aux constructions de Paris. Ces vides, abandonnés pour ainsi dire à eux-mêmes depuis longtemps, sans précaution et sans consolidation suffisante, ont subi, par suite de la pression des terres supérieures, des déformations et des déchirures importantes. Il était donc indispensable, pour asseoir solidement le tunnel et pour parer aux vibrations occasionnées par le passage des trains, de se placer dans des conditions de sécurité parfaites. Le seul moyen d'atteindre ce résultat était de fonder les pieds-droits de l'ouvrage sur la masse vierge, en creusant des puits fort rapprochés pour établir des piliers reliés par des voûtes, ou de remplir les vides souterrains dans la zone de l'ouvrage par des moyens susceptibles de répondre au but que l'on se proposait d'atteindre. La première solution, possible si les vides ne se fussent point trouvés à une grande profondeur, aurait donné lieu, dans l'espèce, à des dépenses incalculables. Ces vides ou *cavages* se trouvent, en effet, à l'amont à 16^{m},80, à l'aval à 26^{m},22 au-dessous du sol naturel, soit à 6^{m},38 et 11^{m},95 respectivement au-dessous de la fondation des pieds-droits. Appliqué à de semblables profondeurs, le système de fondation sur piliers reliés par des arceaux en maçonnerie devenait extrêmement onéreux, et a paru d'autant moins nécessaire, qu'entre le sol naturel et le ciel des galeries exploitées, la tranche du terrain se présente presque partout compacte et suffisamment résistante. On s'est donc arrêté au parti d'établir sous l'emplacement même des pieds-droits une maçonnerie ayant pour double but de soutenir en ce point le ciel des carrières et de contenir entre ces flancs, sous l'assiette même de la voie, des terres fortement pilonnées ou *bourrages*.

Afin de s'assurer que les méandres des galeries anciennes ne recélaient aucun vide ou crevasse dangereuse, on a pris le soin de creuser sous chaque pied-droit une galerie rectiligne, dite *galerie d'inspection*, qui, tout en rendant possible le service, a réparti sans frais, sur une plus grande largeur, la zone de consolidation et qui offre, après l'achèvement des travaux, le moyen facile et sûr d'examiner l'état des maçonneries et de les réparer au besoin. Cette galerie, dont la largeur est de 1 mètre dans œuvre, est comprise entre deux murs en maçonnerie, l'un de 1^{m},20 du côté extérieur, l'autre de 3^{m},12 du côté intérieur, par rapport à l'axe de la voie ferrée. L'empatement du pied-droit du souterrain sur le sol de fondation étant de 2^{m},12, on a fait saillir de 0^{m},50 de chaque côté les murettes intérieures de consolidation, ce qui les a portées à 3^{m},12. Toutes ces murettes ont été ajourées de voûtes en plein-cintre de 2 mètres de diamètre, espacées elles-mêmes de 4 mètres d'axe en axe, toutes les fois que l'état des ciels a permis de le faire. Ces voûtes n'ont pas reçu moins de 0^{m},50 à la clef, et le fond en a été fermé par une maçonnerie de 0^{m},75 d'épaisseur minima destinée à contenir les bourrages. Elles ont eu l'avantage de faciliter le travail, de le rendre moins périlleux. d'économiser le cube des maçonneries sans nuire à la solidité. Enfin, elles constituent, en cas de réparation des garages pour les ouvriers et des lieux de dépôt pour les matériaux.

Les explications qui seront données ci-après sur les *cloches* rencontrées, en cours d'exécution dans l'une même des galeries d'inspection, sont une preuve à l'appui de l'opportunité de ces galeries.

Comme complément à ce système, des piliers et contre-forts ont été établis sous les points crevassés; le ciel des galeries a été voûté partout où ce ciel a paru menaçant; de plus, des traverses normales à l'axe du chemin de fer ont été établies pour communiquer de la galerie de droite à celle de gauche, et *vice versâ*.

On descend du tunnel dans les galeries souterraines par des puits de 0m,80 de diamètre, revêtus en maçonnerie et munis d'échelles en fer forgé et ménagés en arrière de deux niches, l'une à droite, l'autre à gauche de l'axe, puits qui, lors de la construction, avaient été creusés précisément sur ces deux points pour la descente des ouvriers, Les chambres de ces puits sont isolées des niches correspondantes par des portes en tôle qui forment le fond de ces dernières.

Matériaux. — Les maçonneries des consolidations sont toutes en moellon de roche hourdé en mortier hydraulique.

Les angles des pieds-droits, les archivoltes, les bandeaux et modillons des têtes sont en pierre de Lorraine. La pierre de Vendresse a été employée pour les dalles des caniveaux et des niches. Les tympans et la partie biaise de la voûte sont parementés en meulière smillée. Tout le reste du tunnel est composé de maçonneries de moellons bruts pour les pieds-droits et la voûte jusqu'à l'angle de 30°, de moellons smillés au-dessus de cet angle. Pour les 50 mètres amont et aval, on a substitué au moellon brut et smillé la meulière brute et smillée. La première a été revêtue d'une rocaille en meulière concassée, posé sur mortier hydraulique additionné de ciment de tuileau.

Ordre des travaux successifs. — Pour concilier la rapidité du travail du tunnel avec celui des consolidations et du reste des terrassements de la ligne qui tous devaient, pendant la construction de cet ouvrage, traverser sans interruption les chantiers, on a dirigé comme suit la marche des opérations.

Les déblais de la tranchée, attaqués jusqu'à la profondeur de 1m,69 au-dessous de l'intrados de la voûte, ont été retroussés à droite et à gauche sur la partie restante du terrain militaire. Une berge de 5 mètres a seulement été ménagée le long de l'arête du déblai, pour l'établissement d'une voie provisoire destinée au bardage et au transport des mortiers et des matériaux de toute espèce.

Aussitôt ce déblai provisoire effectué, on a creusé les puits destinés à arriver dans les galeries souterraines, en prenant pour point de départ de ces puits le fond de la tranchée, et l'on a vivement attaqué cet ouvrage, qui devait nécessairement précéder celui de fondation des pieds-droits du tunnel. Poursuivies jour et nuit, les maçonneries ont avancé rapidement, et dès lors on a fondé les pieds-droits par portions successives et en rigole blindée. La voûte a été faite en cinq fois, par portions de 40 mètres, sans interrompre le wagonnage continu des terres des tranchées en deçà ; puis, cette voûte achevée et décintrée, on a vidé le noyau intérieur en même temps qu'on reconstituait le remblai supérieur, soit par la remise en place des dépôts précédemment créés, soit par des décharges publiques gratuitement obtenues dans les quartiers avoisinants.

Mode de construction. Consolidations. — Le travail des consolidations a dû être entamé par le déblai de la galerie d'inspection. Ces déblais étaient déposés au fur et à mesure, soit dans les vides centraux où on les pilonnait spécialement pour servir de bourrages, soit dans les nombreux culs-de-sac aux abords de la ligne. Au fur et à mesure de l'avancement du déblai, on blindait fortement les ciels et l'on attaquait les maçonneries. Les premières exécutées étaient toujours celles des piliers entre les voûtes ; on avait soin de ne vider l'emplacement de celles-ci qu'après l'exécution complète des pieds-droits contigus. On écartait ainsi toute éventualité de danger sérieux.

Toutefois, les sapes opérées pour l'exécution des galeries d'inspection n'ont pas été toujours exemptes d'imprévu. Elles ont conduit à la découverte de fondis et de cloches souterraines, provenant de la cassure et de la chute des ciels, et dont la forme est celle d'un tronc de cône à bases à peu près elliptiques. Un

nombre assez considérable de ces fondis a été rencontré, mais la principale cloche a été découverte sous le pied-droit même du tunnel à droite de la voie. Elle affectait la forme ci-dessus décrite, les diamètres à la base et au sommet étant respectivement 10 et 4 mètres, et la hauteur entre ces deux bases parallèles 7 mètres. A l'arrivée sur ce point, il a été nécessaire, avant d'y pénétrer, de soutenir tout autour de la base inférieure le périmètre du ciel brisé, qui se trouvait en porte-à-faux, par une maçonnerie circulaire, et, pour y arriver sans compromettre la vie des ouvriers sans cesse menacée par la chute des terres et pierrailles de la calotte, deux galeries auxiliaires ont dû être établies. Ces galeries voûtées s'exécutaient par approche, les hommes s'y abritant par un simple mouvement de recul à chaque menace de danger. On est ainsi parvenu à circonscrire les parois de la cloche par une ceinture en maçonnerie, et l'on a pu commencer l'enlèvement des déblais. Avant cette opération, un plancher soutenu par de forts étais a été établi, non sans de grandes difficultés, au-dessus des débris à enlever, précaution qui n'a pas été inutile, puisque, peu de jours après, la calotte du cône s'est effondrée spontanément et que toutes les terres provenant de ce mouvement prévu ont été recueillies sans blesser personne sur le platelage préventif. On a pu dès lors procéder au déblayement, puis déraser par le haut les parois de la cloche pour les tailler en gradins et y asseoir les pieds-droits d'une voûte en arc de cercle qui supporte en ce point délicat le pied-droit du tunnel. Préalablement on avait poursuivi et voûté, à travers la cloche, la galerie d'inspection; cette galerie se trouve ainsi par une circonstance toute fortuite sous la cloche dont il s'agit et sous les remblais qui ont servi de cintre à la voûte auxiliaire destinée à soutenir le tunnel en ce point.

Les autres incidents rencontrés dans les consolidations souterraines ont été nombreux et variés; mais en raison même de leur caractère sans cesse variable, il y a été pourvu par des artifices également variables et chaque jour mis en œuvre.

Cinq puits circulaires blindés de 3 mètres de diamètre assuraient l'approvisionnement des matériaux. Deux puits semblables de $1^{m},50$ seulement, servaient exclusivement à la descente et à la remonte des ouvriers. Le travail était poursuivi jour et nuit, chaque brigade se relevant de douze heures en douze heures.

Malgré le caractère dangereux du travail dont il s'agit, et malgré le zèle parfois imprudent des ouvriers, les précautions prises et la surveillance active exercée par le personnel de tout grade, ont donné la satisfaction de n'avoir eu à constater que des blessures ou contusions légères, n'ayant occasionné que des interruptions de travail tout à fait insignifiantes.

Tunnel. — Il a été dit précédemment que la condition de maintenir pendan toute la durée du travail le wagonnage des tranchées obligeait à conserver le plafond du déblai, à l'emplacement du tunnel, plus élevé que le fond même de la plate-forme. Cette circonstance, jointe à l'avantage qui en résultait de réduire au minimum le déblai dans un mauvais terrain, a conduit à établir les pieds-droits dans une fouille blindée. Les cintres ont pu être installés sur le noyau lui-même et disposés de manière à laisser à la partie centrale un passage libre de $2^{m},50$ pour la circulation des wagons. Tout le service des maçonneries de la voûte s'est fait par la partie supérieure au moyen des voies de service placées sur la crête du talus de déblai et de ponts volants descendant de cette crête sur le sommet des cintres.

Durée du travail. — Les puits des consolidations, commencés le 7 septembre 1864, étaient achevés le 5 décembre suivant. Dans ces consolidations elles-



mêmes, les terrassements ont été attaqués le 25 octobre 1864 et les maçonneries le 7 novembre suivant ; les uns et les autres étaient achevés le 11 mars 1865.

La cloche rencontrée sous le pied-droit du tunnel, attaquée le 8 mars 1865, était entièrement voûtée et prête à recevoir le pied-droit supérieur le 29 avril suivant.

Le travail des consolidations a donc duré six mois et celui de la cloche environ sept semaines.

Le cube des maçonneries de consolidation est de 6,461^{mc},59.

La fouille des pieds-droits du tunnel a été entamée le 13 mars 1865 ; la maçonnerie commençait le 5 avril ; on attaquait la voûte le 2 mai ; celle-ci était fermée le 17 juin et décintrée le 27 du même mois.

Le cube des maçonneries du tunnel est de 5,551 mètres cubes. Sur le cube total 12,012^{mc},59 des maçonneries, 3,073^{mc},22 (environ 25 p. 100) ont été exécutés en matériaux appartenant à l'Etat et provenant des déblais des tranchées de la ligne.

Dépenses. — Les dépenses du tunnel, des consolidations et de la grande cloche ont été les suivantes :

	TUNNEL.	CONSOLIDATIONS.	CLOCHE.	TOTAUX par nature d'ouvrage.
	fr.	fr.	fr.	fr.
Terrassements.	80.411 76	3.059 44	3.847 55	87.318 75
Maçonnerie.	95.717 42	90.544 52	4.335 36	190.637 30
Charpente.	23.113 04	2.087 81	1.490 36	26.691 21
Bitume.	7.430 04	»	»	7.430 04
Fonçage et blindage de puits.	»	11.254 86	»	11.254 86
Dépenses diverses.	1.637 89	873 94	»	2.511 83
TOTAUX PAR OUVRAGE.	208.350 15	107.820 57	9.673 27	325.843 99

On en déduit que le mètre linéaire revient à 1,609 fr. 98, répartis comme suit :

Tunnel proprement dit.	1,029 fr. 45
Consolidations souterraines.	580 fr. 53
TOTAL PAREIL.	1,609 fr. 98

Et que, dans le prix du mètre courant du tunnel, les terrassements seuls entrent pour 397 fr. 31.

Les travaux ont été exécutés sous la direction de M. Bassompierre, ingénieur en chef des ponts et chaussées, par M. Bellon, ingénieur ordinaire ; M. Boutillier, conducteur-chef de section, était chargé de la surveillance; MM. Chotard et Martin étaient les entrepreneurs.

TUNNEL DES ALPES (MONT CENIS).

Il y a bien longtemps que l'idée de l'établissement d'un passage facile entre la France et l'Italie occupa les esprits pour la première fois. Il était donné à

notre époque de résoudre le problème et de renverser une barrière jadis infranchissable.

La percée des Alpes compte au nombre des plus beaux travaux du génie moderne. Nous allons la décrire en nous servant de diverses publications scientifiques, surtout de la notice de M Conte, ingénieur en chef de la Savoie, et en nous aidant de nos propres souvenirs.

Historique. — Avant l'annexion de la Savoie à la France, le gouvernement sarde avait songé à relier par un chemin de fer la Savoie et le Piémont, Chambéry et Turin. La direction était toute tracée par la route de Paris à Turin, franchissant le mont Cenis. Il fallait remonter, du côté du Piémont, la vallée de la Dora-Riparia jusqu'à la ville de Suze et au village de Bardonnèche, franchir le mont Cenis en souterrain et descendre vers Chambéry par la vallée de l'Arc.

La direction de Bardonnèche à Fourneaux (près Modane) avait été signalée comme la meilleure dès 1840 par M. Medail. La difficulté était d'exécuter une percée de 13 kilomètres sans puits intermédiaires; on ne pouvait, en effet, songer à établir des puits, vu la hauteur de la montagne. D'autre part, avec les moyens ordinaires, le déblai des roches aussi dures que celles qu'on avait à rencontrer eût été bien pénible, et encore on ne pouvait savoir par quels moyens on ventilerait des galeries de 6,500 mètres de long.

Le premier projet sérieux fut celui de M. Maus, ingénieur belge, qui proposait de se servir d'une machine à ciseaux attaquant la roche, mue par une transmission prise sur des roues hydrauliques installées près des têtes du souterrain.

M. Colladon avait l'idée de recourir à l'air comprimé et de s'en servir comme moteur; cependant, MM. les ingénieurs Grandis, Grattoni et Sommeiller venaient de détourner près de Gênes plusieurs torrents, pour les employer à l'alimentation de leurs compresseurs à choc. Ils destinaient l'air comprimé à la traction des trains sur les rampes de Gênes. Il leur vint à l'idée de s'en servir pour la percée du mont Cenis.

L'Anglais Bartlett venait d'inventer son perforateur, qui fut repris et perfectionné par M. Sommeiller. Ce dernier fut chargé du tracé et de l'exécution du tunnel, qui, commencée en 1857, fut terminée en octobre 1871, les galeries d'avancement s'étant rejointes en 1870.

Terrains à traverser. — D'après M. Lachat, ingénieur des mines à Chambéry, les terrains que l'on devait traverser, à partir de Fourneaux (France), étaient :

Le terrain à anthracite, sur.	1500 à 2000	mètres.
Les quartzites.	400 à 600	—
Les calcaires massifs.	2000 à 3000	—
Les calschistes.	7000 à 8000	—

Ce dernier constitue tout le versant italien.

Ces prévisions géologiques peuvent être facilement contrôlées aujourd'hui que la percée est faite : les couches que l'on traverse ont été relevées par le soulèvement du noyau de gneiss qui a donné naissance à cette chaîne des Alpes, et elles font aujourd'hui un angle de 50° avec l'horizon. Donc, le tunnel se transforme en un sondage qui eût été fait obliquement dans les couches horizontales primitives; ce sondage oblique de 12,220 mètres de long est équivalent à un sondage orthogonal de 7,000 mètres. Les sondeurs les plus habiles ne dépassent guère 1,000 mètres; on voit toute la grandeur du résultat obtenu.

La formation tout entière appartient au lias; en prenant les $\frac{6}{10}$ des longueurs

traversées par le tunnel, on a l'épaisseur orthogonale des couches. On trouve les terrains suivants :

1° Le terrain anthracifère sur 1500 mètres, commençant par des éboulis et finissant par une couche de 220 mètres de quartzites, si durs qu'ils ont coûté deux ans à traverser ;

2° La masse calcaire sur 500 mètres, contenant la chaux sulfatée, à l'état d'anhydrite, et du calcaire cristallin; sur la montagne, cette assise solide se manifeste par de grands escarpements d'une forme hardie ;

3° Le calcaire schisteux sur 5,000 mètres, se subdivisant en trois zones. La première de 1,000 mètres, caractérisée par des feuillets de schiste, coloré en noir par le charbon ; la seconde de 1500 mètres renferme beaucoup de sable quartzeux et raye le verre; la troisième de 2,000 mètres renferme surtout l'élément calcaire.

Dans les trois zones on trouve, outre le schiste, le talc ou savon minéral, et des filons de spath calcaire et de quartz hyalin, lesquels ont si bien bouché toutes les crevasses, qu'il n'arrivait pas une goutte d'eau d'infiltration dans le tunnel.

Aucune couche n'a été repliée sur elle-même, et les mineurs n'ont jamais rencontré deux fois la même.

Tracé. Dispositions générales. — La figure 1 de la planche XIII indique les dispositions générales du tunnel et de ses abords. Vu le peu de largeur des vallées dans lesquelles il débouche, il fallait placer l'origine des courbes à l'intérieur du souterrain. On a donc exécuté d'abord les parties courbes *ab*, *cd*, puis on ne s'en est plus occupé, et on a tracé le souterrain en ligne droite *pr;* il est vrai qu'on a de la sorte construit deux parties parasites *ap*, *cr*, mais on a eu l'immense avantage de cheminer en ligne droite et d'assurer la jonction exacte des deux galeries d'avancement.

Le plan vertical de l'axe du tunnel a été marqué sur la montagne par une série de repères solidement établis ; le plus élevé est au sommet de Fréjus. Les têtes du souterrain se trouvant l'une sur la rive gauche de l'Arc, l'autre sur la rive droite du torrent de Rochemolle, on a installé sur les rives opposées deux pavillons ou rotondes, observatoires dans lesquels se trouve une lunette puissante, dont l'axe optique est invariablement fixé dans l'alignement du tunnel, indiqué par les repères de la montagne. En temps ordinaire, quand les ouvriers travaillent, il est impossible de voir avec la lunette jusqu'au fond de l'avancement; la fumée de la poudre et la vapeur d'eau, qui se dégage sous une température élevée, obscurcissent l'atmosphère, si bien que les lampes des mineurs deviennent rapidement invisibles pour le spectateur placé à l'entrée du souterrain. On profite des jours de chômage pour vérifier l'alignement; les ventilateurs aspirent en quelques heures toute la fumée, et on peut alors apercevoir avec la lunette un fil de magnésium qui brûle au fond du souterrain. On évalue l'écart de direction qui a été commis et on le corrige.

Grâce aux précautions prises, la ligne droite est ici des plus faciles à tracer.

A l'origine, on a relié les têtes par un nivellement de précision, et voici les résultats trouvés figure 1, planche XIII :

L'entrée du côté de la France est à la cote.	1202,82
— de l'Italie —	1334,38
Différence.	132,56

Cette différence est rachetée par :

Une rampe de 0,0222 sur 6110 mètres.	135,64
Suivie d'une pente de 0,0005 sur 6110 mètres.	3,06
DIFFÉRENCE ÉGALE.	132,58

On comprendra sans peine pourquoi on n'a pas adopté entre les têtes une pente uniforme de 0,011 ; avec une pente uniforme, les deux galeries d'avancement pouvaient fort bien ne plus se rencontrer, une légère erreur dans la pente au départ entraînait une grande différence de niveau au centre de la montagne. Au contraire, avec deux pentes inverses, comme il est facile de rester dans un même plan vertical, on est toujours certain de se rencontrer; le point de croisement se fera un peu plus loin ou un peu moins loin, peu importe.

La section du tunnel est représentée par les figures 3 et 4 de la planche XIV. C'est un plein cintre de 4 mètres de rayon, raccordé avec des pieds-droits courbes de 10^{m},10 de rayon, de 2 mètres de hauteur et de 0^{m},20 de fruit total.

Les voies occupent une largeur de 6^{m},20 et sont flanquées de deux trottoirs de 0^{m},70.

La galerie est muraillée sur toute sa longueur, et, dans les parties peu résistantes, on a même placé un radier courbe. On voit sous le ballast un aqueduc central, dont les dimensions ont été plus tard portées à 1^{m},20 sur 1 mètre ; cet aqueduc a rendu de grands services lors d'un éboulement, car il a permis à soixante ouvriers, emprisonnés par cet éboulement, de s'échapper.

Appareils de compression. — Nous avons donné, à la page 372 de notre *Traité des machines*, la description complète des appareils de compression, compresseurs à choc et pompes ; nous renverrons le lecteur à ce traité.

Il nous suffira de dire comment on a trouvé la force hydraulique nécessaire à la mise en marche de ces appareils. Du côté de Bardonnèche, on a établi une dérivation (*mn*) du torrent du Mélezet (figure 1, planche XIII) ; l'eau arrivant en (*n*) descend six ou sept étages de roues hydrauliques, ayant chacune 6 mètres de diamètre, et le mouvement de rotation se transforme en un mouvement oscillatoire des pistons des pompes.

Du côté de France, une dérivation de l'Arc a rempli le même objet.

L'air, comprimé à six atmosphères, est emmagasiné dans dix réservoirs en fer de chacun 7 mètres cubes, et transmis à l'avancement par une conduite formée de tubes en fonte de 0^{m},20 de diamètre, assemblés bout à bout et portés sur des rouleaux également en fonte, qui reposent sur des piliers en maçonnerie. L'assemblage des tuyaux se fait au moyen d'une cordelle en caoutchouc de 0^{m},01 de diamètre, logée dans une gorge ménagée à cet effet dans les collets, que l'on serre l'un contre l'autre au moyen de boulons.

Lorsque l'air comprimé circule, la perte de pression est insignifiante et ne dépasse pas 1/10 d'atmosphère.

Les tuyaux sont supportés dans le tunnel par des consoles en fer, et chaque tuyau porte un bouton venu de fonte que l'on peut forer afin d'établir un branchement.

L'air comprimé est très-pur, exempt de toute odeur, puisqu'il n'est en contact qu'avec l'eau; en outre, il est très-frais, puisqu'il se détend de six à une atmosphères.

Perforateurs. — Nous avons décrit le perforateur perfectionné à la page 17. Lorsqu'un trou de mine est creusé, on le sèche avec un jet d'air comprimé.

Ventilation. — Après l'explosion des mines, il se forme un nuage de vapeur méphitique, qui s'écoule lentement dans la petite galerie, malgré l'afflux d'air comprimé, et qui force les ouvriers à ralentir et même à arrêter leur travail.

A l'origine, on mit l'aqueduc inférieur en communication avec une cheminée d'appel munie d'un ventilateur, destiné à aspirer l'air vicié; plus tard, on établit un plancher horizontal de manière à ménager un canal d'appel à la partie haute de la voûte, et un ventilateur de grand diamètre aspira les gaz nuisibles.

Vitesse d'avancement. — A mesure que les ouvriers se formèrent, la vitesse d'avancement augmenta. Nous trouvons dans une note de M. l'ingénieur Guinard les renseignements suivants sur ce sujet :

ANNÉES.	ATTAQUE DE BARDONNÈCHE		ATTAQUE DE MODANE		TOTAUX.
	TRAVAIL À LA MAIN.	TRAVAIL À LA MACHINE.	TRAVAIL À LA MAIN.	TRAVAIL À LA MACHINE.	
	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
1857	27.28	»	10.80	»	38.08
1858	257.57	»	201.95	»	459.52
1859	236.35	»	132.75	»	369.10
1860	203.80	»	139.50	»	343.30
1861	»	170.00	193.00	»	363.00
1862	»	380.00	243.00	»	623.00
1863	»	426.00	»	376.00	802.00
1864	»	621.20	»	466.65	1087.85
1865	»	765.30	»	458.40	1223.70
1866	»	812.70	»	212.29	1024.99
1867	»	824.30	»	687.81	1512.11
1868	»	638.60	»	681.55	1320.15
1er trimestre 1869	»	193.40	»	162.25	355.65
TOTAUX.	725.00	4831.50	921.00	3044.95	9522.45

Ainsi l'avancement journalier de la campagne de 1868 a été de 3^{m},62, et celui du premier trimestre de 1869 de 3^{m},89.

C'est dans le courant de 1870 que la jonction des galeries eut lieu; la moyenne d'avancement augmenta donc encore à partir de 1869.

TUNNEL DU SAINT-GOTHARD.

La percée du Saint-Gothard, destinée à relier l'Allemagne et l'Italie, s'exécute en ce moment par des moyens analogues à ceux qu'on a mis en œuvre au mont Cenis; la somme mise à la disposition du syndicat international pour ce travail s'élève à environ 37 millions.

Les moteurs hydrauliques sont des turbines et le perforateur François et Dubois a remplacé le perforateur Sommeiller; on a transporté au Gothard une grande partie du matériel du mont Cenis. La dynamite, substituée à la poudre ordinaire, produit des effets très-considérables.

Au 31 mai 1873, l'avancement était de 160 mètres à Gœschenen (côté nord), et de 200 mètres à Airolo (côté sud).

TUNNELS DE CHICAGO.

M. l'ingénieur en chef Malézieux a rendu compte, dans son journal de mission aux États-Unis d'Amérique, de la construction des tunnels de Chicago.

La ville de Chicago construite sur la rive occidentale du lac Michigan, est entourée de toutes parts par *la prairie*, qu'aucune colline ne limite à l'horizon.

Deux rivières, venant l'une du nord, l'autre du sud, se réunissent pour former le port; les rives opposées avaient été réunies par des ponts tournants à double travée, mais cet expédient ne suffisait pas à satisfaire une circulation des plus actives.

La municipalité créa donc des passages à quelques mètres au-dessous de la rivière; le tunnel de Washington-street, de 60 mètres de long, présente trois voûtes accolées, deux de $3^m,35$ de large pour les voitures, et une de $3^m,05$ pour les piétons; le tunnel est précédé de voûtes et de tranchées à ciel ouvert. Les rampes d'accès sont assez fortes et atteignent 0,06, il eut fallu les limiter à 0,05; les eaux pluviales se réunissent à la partie centrale du tunnel dans un égout, d'où on les extrait avec une pompe.

Pour construire le tunnel, on en isola l'emplacement sur la moitié de la rivière par un batardeau, on creusa à la profondeur voulue, et on maçonna la voûte avec des briques et du bitume, puis on remblaya, on fit l'autre moitié et on livra le passage. Il paraît que la maçonnerie de bitume ne laissa passer que des filtrations insignifiantes.

Mais le tunnel principal de Chicago est celui qui a été creusé pour aller chercher au lac Michigan les eaux nécessaires à la consommation de la ville; on en trouvera les détails à la page 58 de l'ouvrage de M. Malézieux : il nous suffira d'en faire une description sommaire.

En 1840, Chicago ne possédait que 4500 habitants et était alimenté par des puits et des citernes, puis une compagnie établit des pompes et une conduite qui allait prendre l'eau sur les bords du lac pour la déverser dans des tuyaux en bois. En 1851, la ville comptait 35,000 habitants, il fallut établir des conduites en fonte, des machines à vapeur et une tour d'eau carrée. La conduite alimentaire de $0^m,30$

de diamètre débouchait à quelques pouces au-dessous du niveau du lac; elle était continuellement encombrée par les sables et les débris organiques; bientôt les égouts rendirent les eaux putrides et impropres à l'alimentation. En 1860, la population de Chicago atteignait le chiffre de 112,000 habitants et de 300,000 en 1870, et la consommation d'eau journalière arrivait à 50,000 mètres cubes. Il fallut augmenter la puissance des machines et en même temps on résolut de porter la prise d'eau à deux milles des bords du lac afin d'obtenir une onde pure.

Le puisard des pompes était une tour de 9^m,50 de diamètre, que l'on fonça comme le puits du tunnel sous la Tamise, en la construisant sur un rouet en charpente terminé par un couteau annulaire; lorsque celui-ci, après avoir traversé les sables, se fut engagé dans la belle argile bleue, on arriva facilement à épuiser et on continua la fouille à sec. C'est la tour même du puisard qui sert de fondation à la machine. Celle-ci lance l'eau, par une conduite de 0^m,91 de diamètre, dans une tour de 47 mètres de hauteur.

Le puisard des pompes communique par une galerie avec le puits de rive de 25 mètres de profondeur, à la base duquel débouche le tunnel qui va chercher l'eau dans un puits foncé au large, à deux milles (3220 mètres de la rive).

Le tunnel offre une section sensiblement circulaire; elle a 1^m,52 en largeur et 1^m,60 en hauteur, ce qui permet de dégager facilement les cintres et la section peut fournir 190.000 mètres cubes par jour. Le percement, à travers l'argile bleue compacte, n'offrit pas de difficultés, et on rencontra fort peu de sources, bien qu'on ne fut qu'à 12 mètres sous le fond du lac; la voûte avait deux épaisseurs de briques de 0^m,10 et était maçonnée en ciment. On exécutait la partie inférieure avec un gabarit, et la partie supérieure exécutée avec un cintre en tôle peu encombrant, suivait à quelque distance. On rencontra plusieurs sources de gaz inflammables qu'on allumait et il n'en résulta pas d'accidents sérieux; l'aérage se faisait par un ventilateur avec tuyaux en fer-blanc. L'avancement maximum fut de 28 mètres par semaine.

A l'emplacement du puits du large, on échoua d'abord un coffre pentagonal qu'on remplit d'enrochements et qui possédait des parois jointives et calfatées, puis on descendit à l'intérieur une colonne creuse en fonte : cette colonne de prise d'eau créa pour le tunnel un second point d'attaque qui donna en moyenne un avancement de 2^m,85 par jour.

La galerie achevée fut visitée, puis remplie d'eau; on ferma les vannes et on épuisa l'intérieur pour en vérifier l'étanchéité; puis, elle fut mise en service au mois d'août 1870. On élevait alors 95,000 mètres cubes d'eau en vingt-quatre heures.

TUNNEL SOUS-MARIN ENTRE LA FRANCE ET L'ANGLETERRE.

Le propagateur infatigable de l'idée de la construction d'un tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre est M. l'ingénieur Thomé de Gamond, qui présenta à l'Exposition universelle de 1867 un projet définitif. On en trouvera tous les détails dans le mémoire à l'appui présenté par M. de Gamond.

Cet ingénieur avait commencé ses études en 1834 et son premier tunnel consistait en un tube de fer immergé par sections au fond du détroit et disposé de manière à recevoir un muraillement intérieur en maçonnerie : la dépense prévue était d'un demi-milliard. Il proposa ensuite un bouclier métallique, sorte de cham-

bre de travail avec écluse à air, dont l'exécution, possible en théorie, paraît difficilement réalisable dans la pratique.

En 1835 et 1836, M. de Gamond étudia divers projets de ponts en maçonnerie et en métal ; mais il arrivait par là à une dépense de 4 milliards. Il examina ensuite un projet de bac flottant, faisant la navette entre les musoirs de deux digues faisant saillie de huit kilomètres sur chaque rivage ; la dépense se trouvait réduite à 230 millions de francs, mais on ne faisait que diminuer l'obstacle inhérent à la présence du détroit sans le faire disparaître. En 1840, nouveau projet consistant à réunir les deux côtes par un isthme artificiel laissant trois grandes passes à la navigation; évaluation de la dépense : 840 millions de francs; ce travail souleva les protestations générales des navigateurs.

En 1855, M. de Gamond explora le fond du détroit, en plongeant soit à nu soit avec un scaphandre, il reconnut que les bancs du détroit étaient le sommet de collines portlandiennes en stratification concordante avec les couches de rivage; il n'y avait donc point de failles ni de dislocation à redouter, et l'exécution d'un tunnel apparaissait comme possible. L'idée fut favorablement accueillie par la commission française chargée de l'examiner et par Stephenson.

Le projet de 1855 comprenait un tunnel sous-marin de 34 kilomètres ayant pour voies d'accession deux autres tunnels en terre ferme dont le développement réuni atteignait 15 kilomètres, douze ilots artificiels devaient être créés pour recevoir les puits d'attaque; le tunnel sous-marin allait de la pointe Eastware au cap Grinez.

Mais M. de Gamond voulut éviter les deux longs tunnels de terre ferme, et il y arriva en faisant pivoter sur elle-même la ligne précédente, de manière à en faire correspondre les extrémités à deux dépressions dans les falaises du littoral; la nouvelle ligne, adoptée dans le projet définitif, part de l'est du promontoire de Grinez, en France, et aboutit à Cape-point, près Folkestone, en Angleterre. La figure 3 de la planche XIII représente la coupe longitudinale du tunnel projeté avec les cotes principales. Le tracé, long de 36040 mètres, présente un trajet maritime excédant de 2 kilomètres la ligne de Douvres ; mais c'est le plus direct entre Paris et Londres et il possède l'immense avantage de la facilité d'accès.

Le tunnel est au-dessous des étages argileux d'Oxford et de Kimmeridge, étages qui lui constituent une chape naturelle imperméable.

En outre, la ligne projetée rencontre l'île sous-marine ou banc de Varne, de 60 hectares de superficie qu'il sera facile d'utiliser pour établir un atelier de percement et créer en tout quatre points d'attaque; ultérieurement, un vaste puits avec rampe hélicoïdale sera construit pour monter les wagons du fond du tunnel jusqu'à l'îlot artificiel qui sera créé. Cet ilot, doté de bassins entourés par des digues artificielles, est destiné, dans la pensée de M. de Gamond, à devenir le plus vaste entrepôt du monde.

La section projetée pour le tunnel est un plein cintre avec pieds-droits verticaux : la largeur est de 9 mètres et la hauteur sur rails de 7 mètres.

Le tunnel ayant deux pentes inverses dirigées vers le thalweg du détroit, les eaux tendraient à s'accumuler en ce point ; pour les enlever, M. de Gamond prévoit l'établissement sous le tunnel de galeries d'assainissement dirigées de l'îlot de Varne vers les terres, et amenant les eaux dans des puits d'où les extrairont des machines fixes.

L'aérage des galeries ne paraît pas offrir de difficultés sérieuses si l'on consulte l'expérience du mont Cenis; les galeries du mont Cenis avaient plus de 6000 mètres, celles du tunnel sous le détroit auront au maximum 10000 mètres de lon-

gueur. Il est donc parfaitement permis de comparer l'une à l'autre, et la Manche ne sera pas pas un obstacle plus redoutable que les Alpes.

Les dépenses prévues par M. de Gamond, d'après un détail estimatif dressé avec soin, ne s'élèvent qu'à 180 millions de francs, et la durée du travail ne dépassera pas dix ans.

Les recettes probables au début de l'exploitation s'élèveront bien à 23 millions de francs, qui suffiront à couvrir les frais de toute nature et l'intérêt des sommes engagées.

En résumé, le projet de M. de Gamond est conçu dans des idées très-larges et n'offre pas de difficulté insurmontable. Aurait-il sur le développement des relations commerciales entre la France et l'Angleterre l'influence qu'on lui prête? Nous ne le pensons pas.

CONSTRUCTION DES SOUTERRAINS

PROGRAMME

7. Souterrains. — Modes d'exécution. — Puits et galeries ; blindage. — Revêtement. — Têtes.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE Ier.

Travaux d'abatage. Perforation des roches.

CHAPITRE II.

Généralités sur l'Exécution des Tunnels.

CHAPITRE III.

Description des principaux tunnels.

PARIS. — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH, 1.

MANUEL

DE L'INGÉNIEUR

DES PONTS ET CHAUSSÉES

PARIS. — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH 1.

MANUEL
DE L'INGÉNIEUR
DES PONTS ET CHAUSSÉES

RÉDIGÉ

CONFORMÉMENT AU PROGRAMME

ANNEXÉ AU DÉCRET DU 7 MARS 1868

RÉGLANT L'ADMISSION DES CONDUCTEURS DES PONTS ET CHAUSSÉES
AU GRADE D'INGÉNIEUR

PAR

A. DEBAUVE

INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES

13me FASCICULE — TEXTE

Chemins de fer

PARIS

DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES

49, QUAI DES AUGUSTINS, 49

1874

Lorsque les transports se font avec des bêtes de somme, le poids transporté pèse tout entier sur l'animal, et ce poids ne peut dépasser un certain maximum qui est rapidement atteint ; en revanche, les chemins sont inutiles, de simples sentiers, tracés à la surface du sol, sont suffisants. On réalisa un grand progrès lorsqu'on eut l'idée de placer la charge sur des chariots que des animaux entraînèrent en exerçant un effort de traction ; l'effort de la bête de somme n'est plus égal au poids qu'elle transporte, mais seulement à une force égale à la résistance au roulement.

L'industrie des transports s'améliorera donc à mesure qu'on diminuera la résistance au roulement, c'est-à-dire qu'on aura recours à une voie plus unie et plus dure. Le roulement sera plus facile sur l'empierrement que sur le sol, sur le pavé que sur l'empierrement, sur les dalles que sur le pavé, sur le fer que sur les dalles.

Le moteur qui tire une charge a deux résistances à vaincre : la résistance au roulement que nous venons d'examiner, et la composante de la pesanteur parallèle à la direction du mouvement. Cette composante est proportionnelle à l'inclinaison du chemin parcouru sur l'horizon, c'est-à-dire à la pente ; ainsi, une rampe d'un millième augmente d'un kilogramme l'effort à exercer pour la traction d'un véhicule pesant une tonne, une rampe de trois centièmes augmente l'effort de 30 kilogrammes.

Un véhicule, destiné à être traîné d'un point à un autre, devra recevoir une charge calculée en vue de l'effort maximum à développer dans le parcours ; s'il s'agit d'une route empierrée, présentant quelque part une rampe de 0,03, l'effort sur cette rampe sera de 30 plus 30 ou de 60 kilogrammes par tonne, tandis qu'il n'est que de 30 kilogrammes en terrain horizontal. Ainsi, il faudra adopter une charge moitié de celle qui convient à un parcours horizontal, ou se ménager la faculté de développer à un moment donné un effort double.

S'il s'agit d'une voie ferrée, et qu'on rencontre une pareille rampe de 0,03, l'effort à exercer par tonne sur cette rampe sera de 33 kilogrammes tandis qu'il n'est que de 3 kilogrammes en terrain horizontal. Cet effort devra donc varier dans le rapport de 1 à 11.

On comprend sans peine qu'une pareille variation n'est pas admissible.

Donc, plus la résistance au roulement diminue, c'est-à-dire plus la voie est perfectionnée, plus les pentes doivent être réduites ; à une voie perfectionnée, il faut un tracé perfectionné, ce qui entraîne des déblais, des remblais, des ouvrages d'art et, par suite, des dépenses considérables.

Le produit devant être en rapport avec la dépense, les chemins de fer ne doivent être exécutés que là où se présentent des transports nombreux et importants : c'est un principe qu'on a plus d'une fois oublié.

Mais revenons au tirage des véhicules ; le tirage ou la résistance à la traction se compose de trois éléments :

1° La composante due à la pesanteur ; cette composante, positive ou négative suivant qu'il s'agit d'une rampe ou d'une pente, est égale, pour chaque tonne transportée, à un nombre de kilogrammes représenté par la valeur de l'inclinaison exprimée en millimètres par mètre ;

2° Le frottement de roulement, qui se manifeste à la jante de la roue ; d'après les lois de Coulomb et du général Morin, ce frottement est donné par la formule $A\,\frac{P}{R}$, dans laquelle A est un coefficient constant dépendant de la nature des matières en contact, P est la charge totale transmise au sol et R le rayon

de la roue ; le frottement est donc proportionnel à la charge et en raison inverse du rayon de la roue ; on trouvera les expériences et les calculs relatifs au roulement des voitures aux pages 10 et suivantes de notre *Traité des Routes ;*

3° Le frottement de l'essieu dans le moyeu ou de la fusée dans la boîte à graisse ; dans les véhicules ordinaires, l'essieu est fixe et traverse le moyeu de la roue, celle-ci tourne seule ; dans les voitures et wagons de chemin de fer, la roue est fixée à l'essieu, et le véhicule repose sur l'essieu par l'intermédiaire des boîtes à graisse ; il y a une partie de l'essieu, la fusée, qui tourne dans la boîte à graisse. Quoi qu'il en soit, appelons r le rayon de la partie de l'essieu qui glisse dans le moyeu ou dans la boîte et f le coefficient qui correspond à ce frottement de glissement, admettons que le poids de la roue est très-faible relativement à celui du véhicule et que c'est la charge totale P que l'essieu transmet à la roue, la valeur du frottement à l'essieu sera fP et, si on suppose cette force transportée à la circonférence de la roue, il faudra, pour ne pas changer l'équilibre, lui donner la valeur $fP\frac{r}{R}$.

Si le coefficient de frottement f est de 0,1 et $\frac{r}{R}=\frac{1}{20}$, ce qui est à peu près le cas des voitures ordinaires, le frottement à l'essieu déterminera un tirage égal à $\frac{1}{200}$ P, soit 5 kilogrammes par tonne ; ce tirage sera donc le $\frac{1}{6}$ du tirage total qui se manifeste sur un empierrement en parfait état.

Avec un graissage soigné, on peut réduire f à 0,02, et, comme dans les wagons de chemin de fer le rapport $\frac{r}{R}$ est de $\frac{1}{12}$, le frottement à l'essieu détermine un tirage de $\frac{1}{600}$ P, soit 1kg,66 par tonne, ou plus de la moitié du tirage total, qui n'est que de 3 kilogrammes à 3 kilogrammes et demi par tonne.

La question du graissage perfectionné, bien qu'elle ait son importance dans les véhicules ordinaires, est donc capitale pour les véhicules de chemins de fer.

Le frottement à l'essieu, qui n'entre que pour $\frac{1}{6}$ dans le tirage total des véhicules ordinaires, représente les $\frac{3}{5}$ du tirage dans les véhicules de chemins de fer.

Ainsi, la question de la division de la charge, afin de pouvoir diminuer la force et partant le diamètre de l'essieu, est d'une importance infiniment moindre sur les routes ordinaires que sur les chemins de fer, et il en est de même de la question du diamètre des roues, puisque cette dimension a, sur les chemins de fer, une bien plus grande influence pour déterminer le tirage.

La résistance au roulement sur un rail, abstraction faite du frottement à l'essieu, ne dépasse pas 1 kilogramme.

Le tirage augmente avec la vitesse du véhicule, et cela se conçoit, car les chocs absorbent une quantité croissante de force vive, et, quelle que soit la voie, elle présente toujours des aspérités et des défauts plus ou moins sensibles qui donnent naissance à une série continue de chocs. L'augmentation du tirage est sensible sur les empierrements, le tirage peut s'élever de 30 à 45 kilogrammes par tonne ; la proportion est plus forte encore sur le pavé, et l'effort s'élève de 15 à 30 kilogrammes. L'augmentation se manifeste aussi sur les rails, mais d'une manière moins facilement appréciable, à cause des résistancss secondaires telles que la résistance de l'air.

Il ne faut pas confondre le frottement pendant la marche avec le frottement au départ, lequel est, comme chacun sait, beaucoup plus considérable. Ainsi, l'ef-

fort à exercer pour mettre en mouvement un véhicule sur un rail est de 8 à 10 kilogrammes par tonne; cela nécessite un coup de collier.

HISTOIRE DE LA VOIE FERRÉE[1].

C'est dans les mines d'Angleterre, et particulièrement dans celle de Newcastle-sur-Tyne, qu'il faut chercher le berceau des chemins de fer ou plutôt des chemins à rails, car les premiers rails étaient non en fer, mais en bois.

A l'origine de l'exploitation, le transport du charbon se faisait quelquefois avec des traineaux glissant sur des plans inclinés, et le plus souvent avec des paniers; c'était aux femmes des mineurs qu'incombait ce rude travail.

Plus tard, on eut recours à la brouette circulant sur un chemin de planches posées à bout; c'est le système encore en usage dans les terrassements ordinaires.

De la brouette au wagon, et de la voie en planches au rail en bois, la transition ne tarda pas à se faire. Agricola, dans son livre *de Re metallica*, fait mention, en 1550, d'un wagon à quatre roues, roulant entre des rails en bois; ce wagon, encore en usage dans quelques mines allemandes, s'appelle le chien.

En 1630, un sieur Beaumont vint du sud de l'Angleterre à Newcastle et introduisit dans l'exploitation des mines plusieurs perfectionnements ingénieux, tels que la sonde, les machines d'épuisement et surtout les wagons roulant sur des rails en bois. Un seul cheval arrivait par ce moyen à traîner quelques tonnes de houille depuis la mine jusqu'au lieu d'embarquement. Il paraît que les chariots étaient munis de roues à rebords, et que les rails se composaient de longrines bien équarries, d'environ $0^m,15$ de côté, chevillées sur des traverses.

Mais la production du fer ne tarda pas à se développer, surtout vers le milieu du dix-huitième siècle, lorsqu'on substitua dans les hauts fourneaux le coke au charbon de bois.

Pour protéger les longrines en bois contre une usure rapide, on les recouvrit d'abord d'une plate-bande en fer, puis on eut recours au rail en fonte.

M. John-Curr (dans son livre édité en 1797 et intitulé : *l'Inspecteur de houillères et le Compagnon pratique du constructeur de machines*), raconte qu'en 1778, il substitua dans la mine de Sheffield le rail en fonte au rail en bois. Ses rails, plats avec rebord vertical placé à l'intérieur de la voie, avaient $0^m,0125$ d'épaisseur et recevaient des chariots montés sur quatre roues de $0^m,25$ de diamètre; un cheval traînait douze de ces chariots portant chacun environ 300 kilogrammes de charbon.

Le développement des rails en fonte est dû surtout à Reynolds, propriétaire de l'usine de Coalbrookdale, à laquelle on doit le premier pont en fonte.

Les rails en fonte furent posés d'abord sur des traverses en bois, puis sur des dés en pierre; ils se composaient, avons-nous dit, d'une partie plate horizontale, avec rebord vertical saillant à l'intérieur de la voie; ce rebord qui donnait lieu à

[1] Aux lecteurs curieux de connaître l'historique complet des premiers chemins de fer, nous recommandons les deux ouvrages suivants :

1° *The Establishment and economy of Railways*, de Nicolas Wood, traduit en 1834 par MM. de Montricher, de Franqueville et de Ruolz. — Dunod, éditeur.

2° *La vie des Stephenson*, de Samuel Smiles, traduit en 1868, par M. Landolphe. — H. Plon, éditeur.

de grands frottements, par suite des oscillations des wagons, perdit peu à peu de sa hauteur, et, pour renforcer le rail, on le munit par-dessous d'une nervure verticale venue de fonte.

Jusqu'en 1789, on conserva le rail en fonte placé au niveau du sol, et même le rail à ornière; la surface de roulement était sans cesse couverte de boue et d'obstacles divers et l'on ne recueillait pas tous les avantages que présente le roulement de deux surfaces métalliques l'une sur l'autre.

En 1789, l'invention du rail saillant (edge-rail), due à William Jessep, du Derbyshire, réalisa un immense progrès; le nouveau rail avait pour section celle d'un T, ou mieux d'un champignon dont la base supérieure avait $0^m,05$ de largeur horizontale; l'épaisseur de la fonte était d'environ 0,015, et chaque bout de rail avait 1 mètre de long.

Entre deux dés ou supports, la ligne inférieure du rail était profilée en courbe parabolique, d'où venait le nom de rail à ventre de poisson; on voulait économiser la matière tout en conservant une résistance constante, c'est-à-dire créer ce que nous appelons un solide d'égale résistance. Aux extrémités du rail, on ménagea d'abord des oreilles venues de fonte destinées à fixer la voie sur les dés; puis, on inventa le coussinet à deux joues verticales embrassant sur une certaine longueur les extrémités de deux rails consécutifs; des chevilles en fer, traversant à la fois l'âme du rail et les deux joues du coussinet complétaient l'assemblage. Mais cet assemblage était défectueux, en ce sens que les rails n'étaient pas reliés l'un à l'autre; à la suite du tassement d'un dé, le rail pouvait porter sur la cheville en fer, de là des ruptures.

La stabilité ne fut bien assurée que lorsqu'on eut recours au coussinet avec coin, qu'on perfectionna peu à peu pour l'amener à la forme actuelle.

En 1820, sir John Birkinshaw inventa le rail en fer laminé, qui ne tarda pas à prendre la forme à section constante à double champignon; ce fut un grand pas de fait pour la construction des chemins à grande vitesse, car, avec les anciens rails, la multiplicité des rails causait une série ininterrompue de chocs. Le nouveau rail, ayant plusieurs mètres de long, a vu son poids s'accroître peu à peu; on lui donne aujourd'hui un poids de 40 kilogrammes par mètre courant.

Le fer laminé lui-même s'usa bien vite sur les lignes à grand trafic, et, dans ces derniers temps, on a vu paraître le rail en acier qui semble appelé à un grand avenir.

HISTOIRE DE LA LOCOMOTIVE.

Dans notre *Traité des machines à vapeur*, nous avons présenté l'histoire complète de la découverte des propriétés de la vapeur d'eau; nous avons montré comment elles furent signalées successivement par Héron d'Alexandrie, Rivault de Florence, Wilkins, Branca, Salomon de Caux, Huygens, Otto de Guericke, Denis Papin, comment la première application en fut faite, en 1696, par Savery qui élevait de l'eau en créant un vide par la condensation de la vapeur; en 1705, apparut la machine atmosphérique de Newcomen, ayant aussi pour principe la condensation de la vapeur sous un piston. Elle fut supplantée, en 1765, par la machine de Watt, que tout le monde connaît aujourd'hui; l'usine de Birmingham, fondée par Watt et Bolton, son associé, fournit des machines à toute l'Angleterre. En 1782, Watt prit un brevet pour la détente, que Woolf perfec-

tionna, en 1810, par l'invention de sa machine à deux cylindres; en 1815, Trevithick construisait de puissantes machines à haute pression, dont Olivier Evans avait déjà doté l'Amérique, en 1790. Depuis cette époque, on compte de nombreux perfectionnements de détail, mais aucun principe nouveau n'est apparu.

L'idée d'appliquer à la traction des véhicules la force élastique de la vapeur d'eau a dû se présenter à l'esprit des mécaniciens en même temps que se développait la machine fixe.

En effet, on trouve mention de projets de voitures à vapeur présentés, en 1759, par l'Américain Robison, en 1772, par Olivier Evans et, en 1784, par James Watt.

En 1769, le Français Cugnot construisit et fit fonctionner près de Paris une voiture portant une chaudière ordinaire destinée à la production de la vapeur, et deux cylindres à simple effet transmettant le mouvement à deux roues; l'appareil put faire un kilomètre à l'heure. Il a été relégué au Conservatoire des arts et métiers où on le trouve encore aujourd'hui.

Vers 1800, Olivier Evans, propagateur des machines à haute pression en Amérique, fit fonctionner avec succès dans les rues de New-York une voiture à vapeur qui ne tarda pas cependant à être oubliée, tandis que son inventeur mourait de chagrin.

En 1804, d'après une note de M. Mary, Richard Trevithick et Vivian firent exécuter une machine à vapeur montée sur quatre roues et destinée à se mouvoir elle-même. Dans leur système, les roues étaient mises en mouvement par une bielle, dont la tête était forcée de suivre les mouvements d'ascension et d'abaissement du piston et qui, à son autre extrémité, était fixée à un bras de levier faisant corps avec un des essieux.

Cette machine, essayée sur une route ordinaire qui était mauvaise, ne put marcher; mise en expérience sur un chemin de fer, le frottement des roues sur les rails se trouva trop faible dans les parties en rampe et on ne put la faire monter qu'en adaptant aux bandes des roues des parties saillantes de différentes formes, mais qui toutes avaient le défaut de dégrader le chemin de fer.

M. Blinkinsop proposa, pour obvier à cet inconvénient, de placer sur un des côtés du chemin une crémaillère dans laquelle engrènerait la roue dentée mise en mouvement par la tige et la bielle du piston; cet expédient demeura sans succès.

En 1812, MM. Edward et William Chapman prirent un brevet pour une voiture à quatre essieux; la force de la machine à vapeur était transmise d'un essieu à l'autre par des roues dentées; c'était un moyen d'augmenter l'adhérence des roues motrices, quelque chose d'analogue à l'accouplement actuel.

Un M. Brunton imagina d'adapter à ses voitures à vapeur des espèces de jambes qui, s'appuyant sur la route dans une position inclinée, devaient forcer le véhicule à avancer. Vers 1815, un M. Gordon avait repris l'idée de Brunton et l'appliqua à la machine que représente en élévation la figure 2 de la planche II.

La machine de Blenkinsop partait de l'idée fausse, assez répandue à cette époque, que le frottement de fer sur fer ne donnerait pas une adhérence suffisante et qu'il fallait chercher cette adhérence dans l'emploi de crémaillères et de roues dentées. Ce système, qui peut convenir à des rampes considérables, est inutile sur les chemins de fer ordinaires. Toutefois, la machine de Blenkinsop réalisa un perfectionnement sérieux, à savoir l'emploi de deux cylindres conjugués, qui régularisent l'effort et dispensent de recourir à un volant pour le passage des points morts.

Blackett, propriétaire des houillères de Wylam, procéda à des expériences à l'effet de déterminer l'adhérence des roues sur un rail uni, et reconnut que le frottement était assez considérable, eu égard au poids de la machine, pour entraîner une charge en rapport avec ce poids, ou, ce qui revient au même, en rapport avec la puissance du moteur, car cette puissance est intimement liée à la quantité de vapeur qu'on peut produire et la quantité de vapeur elle-même dépend des dimensions, c'est-à-dire du poids. M. Blackett put construire pour le service de ses houillères une locomotive sans crémaillère, qui fonctionna avec un certain succès.

Cependant vers 1814, Georges Stephenson, ancien ouvrier devenu ingénieur des houillères de Killingworth, construit une première locomotive dans laquelle le mouvement du piston était transmis à l'essieu par un système de roues dentées ; ce système défectueux fut remplacé l'année suivante par celui dont la figure 1, planche 1 donne une idée : Dans l'axe de la chaudière et à l'aplomb des essieux sont placés deux cylindres verticaux, la tige de chaque piston est assemblée sur un joug horizontal parallèle à l'essieu ; de chaque extrémité de ce joug, part une bielle actionnant une manivelle montée en dehors de la roue mais sur son essieu ; les deux manivelles sont à 90° l'une de l'autre afin de régulariser le mouvement et d'éviter les points morts. Pour augmenter l'adhérence, Stephenson avait même réuni par une chaîne sans fin le dernier essieu de la locomotive au premier essieu du tender ; nous retrouverons plus tard cette idée d'un tender moteur.

Dans les premières machines de Stephenson comme dans celle de Blackett, la vapeur s'échappant du cylindre aveuglait le mécanicien et effrayait les chevaux qu'on rencontrait : pour s'en débarrasser, ces inventeurs la recevaient dans un tuyau débouchant à la partie haute de la cheminée du foyer. On sait que c'est grâce à cet échappement de la vapeur qu'on arrive dans nos locomotives à produire un appel d'air ou tirage assez énergique pour entretenir la vive combustion nécessaire à une vaporisation considérable ; mais, comme la consommation de vapeur était très-faible et la pression peu élevée dans les premières locomotives, on ne reconnut pas toute l'importance de l'échappement dans la cheminée. On alla même jusqu'à adopter des soufflets pour activer la combustion.

En 1821, Stephenson construisait le chemin de fer de Darlington, sur lequel ses locomotives fonctionnaient concurremment avec les chevaux ; en 1826, il commençait l'exécution du chemin de fer de Liverpool à Manchester et, le 6 octobre 1829, il remportait le prix au concours institué par la Compagnie à l'effet de reconnaître la meilleure locomotive.

En 1825, Hacworth avait perfectionné le mécanisme en plaçant les cylindres latéralement à la chaudière ; en 1827, Seguin aîné prenait un brevet pour la chaudière tubulaire, qui permettait à l'avenir de produire de la vapeur en quantité suffisante ; la chaudière tubulaire, combinée avec l'échappement de la vapeur dans la cheminée, c'est tout le secret de la puissance de la locomotive. Il paraît que l'Anglais Henry Booth, ignorant la découverte de Seguin, indiquait à Stephenson la chaudière tubulaire quelques mois après que notre compatriote avait pris son brevet.

La locomotive présentée par Stephenson au concours de Liverpool, était donc bien supérieure à ses aînées ; la figure 2 de la planche I en représente la disposition générale, et voici quelques détails que nous empruntons à la relation du concours publiée par Robert Stephenson, fils et digne associé de Georges, et par Joseph Locke.

Concours de Liverpool. — Cinq machines se présentèrent. *La Fusée* (en anglais *Rocket*) de Stephenson, entra la première en lice ; montée sur quatre roues, elle possédait une chaudière cylindrique traversée par 25 tubes ; les cylindres étaient placés au-dessus du foyer et inclinés vers les roues d'avant auxquelles le mouvement était communiqué par bielle et manivelle.

La Fusée pesait 4 tonnes un quart, et, d'après les conditions du concours, elle devait traîner en outre 12 tonnes et quart, ce qu'elle fit avec une vitesse de 13 milles et demi à l'heure, soit une vitesse de 25 kilomètres.

Vint ensuite *la Nouveauté*, de MM. Braithwaite et Ericcson ; c'est une machine tender à chaudière verticale avec foyer intérieur, munie d'un soufflet que la machine même met en mouvement ; des cylindres verticaux sort la tige du piston terminée par un joug aux extrémités duquel s'assemblent les bielles et manivelles. La machine seule fonctionna bien, mais, lors de l'épreuve à charge, le soufflet se brisa et il fallut arrêter.

La Persévérance, de M. Burstall, ne put dépasser la vitesse de 5 à 6 milles à l'heure et fut retirée du concours, ainsi que *la Cyclopède*, de M. Brandreth.

La lutte continua entre *la Fusée*, *la Nouveauté* et *la Sans-Pareille* de M. Hacworth.

La Fusée, traînant son propre poids, son tender et deux chariots chargés de pierres, en tout 17 tonnes, exécuta une série de voyages heureux avec une vitesse de 14 milles à l'heure, en brûlant $0^{liv.},91$ de coke par tonne et par mille, et en évaporant 8 à 9 gallons d'eau par mille ; elle poussa même sa vitesse jusqu'à 24 milles à l'heure.

La Nouveauté partit à son tour, en traînant 17 tonnes ; elle fit un premier voyage, mais ne put continuer parce que le tuyau de la pompe foulante vint à crever ; elle fut retirée par son propriétaire.

La Sans-Pareille pesait plus de 4 tonnes et demie et c'était le maximum fixé par le programme ; néanmoins, on la laissa concourir, elle franchit 13 milles à l'heure, en brûlant $2^{liv.},4$ de coke par tonne et par mille, mais l'alimentation se détraqua et l'on dut suspendre l'expérience.

La carrière fut donc laissée libre à *la Fusée* qui, seule, après avoir subi l'épreuve et rempli toutes les conditions demandées, fut unanimement reconnue digne du prix ; et, pour montrer qu'elle avait toujours fonctionné sans donner toute sa puissance, Stephenson ordonna de la laisser agir en toute liberté et elle fit alors deux tours avec l'étonnante vitesse de 35 milles à l'heure.

Toutes les machines, brûlant du coke, ne laissaient échapper aucune trace de fumée.

Essais de voitures à vapeur. — Cependant, les inventeurs cherchaient toujours la locomotive routière, à laquelle on semblait attacher plus d'importance qu'à la machine sur rails.

Pour donner une idée des efforts tentés dans ce sens, nous avons représenté, d'après une notice de M. Mary, la voiture de Gurney (figure 1, planche II). En (*l*) se trouvent le chauffeur et le combustible, en (*r*) la caisse à eau, en (*a*) le foyer, dont la grille est formée par des tubes creux partant d'un cylindre transversal, se recourbant deux fois à angle droit pour gagner un cylindre supérieur surmonté lui-même d'un autre cylindre formant dôme de vapeur. On voit qu'on a réalisé de la sorte une chaudière tubulaire et presque une chaudière à circulation ; le tuyau (*b*) amène la vapeur au tiroir (*c*), qui la laisse passer dans le cylindre (*d*) ; la tige du piston, terminée par une roulette (*e*), est guidée entre deux glissières horizontales et actionne l'essieu des roues d'arrière par l'inter-

médiaire de la bielle à fourchette *f* et de la manivelle *k*. Il y a deux cylindres dont les manivelles sont calées à 90° l'une de l'autre.

On a conservé à la machine la forme d'une voiture ordinaire.

La locomotive Gurney fonctionna du 21 février au 22 juin 1831, sur la route de Glocester à Cheltenham. Elle faisait quatre voyages par jour avec une vitesse de 3 à 4 lieues à l'heure, et transportait jusqu'à 36 personnes avec leurs bagages; à la suite d'un rechargement, les bielles se brisèrent par les chocs et la voiture fut abandonnée.

De 1830 à 1860, on négligea les locomotives routières, préoccupé qu'on était de l'énorme développement des voies ferrées; elles ont repris faveur depuis quelques années. Le principal perfectionnement qu'elles aient subi est l'emploi des bandages en caoutchouc : la locomotive routière la plus usitée en Angleterre est la machine Thomson, que nous avons décrite en détail aux pages 703 et suivantes de notre *Traité de machines à vapeur*. Pour éviter un double emploi, nous ne reviendrons pas sur ce sujet.

Premiers chemins de fer en France. — Pendant le premier empire, les perfectionnements que l'Angleterre apporta aux chemins de fer et aux locomotives ne pouvaient pénétrer en France.

En 1817, M. l'ingénieur de Gallois fait un voyage en Angleterre et en rapporte des notes sur les chemins à rails saillants; en 1821, nouveau voyage de MM. de Gallois et Beaunier, qui, le 1er octobre 1828, livrent à la circulation le chemin de fer d'Andrézieux à Roanne. Marc Seguin était directeur de cette ligne, destinée au transport des charbons de Saint-Étienne et de Rive-de-Gier; il fit venir d'Angleterre deux locomotives de Stephenson qu'il perfectionna en combinant sa chaudière tubulaire avec l'échappement de vapeur dans la cheminée.

Jusqu'en 1835, les chemins de fer ne se développèrent pas en France; à ce moment ils prirent leur essor, et nous verrons plus tard par quels moyens s'est constitué notre immense réseau.

Chemin de fer de Liverpool à Manchester. — Le premier grand chemin de fer fut celui de Liverpool à Manchester, construit sous la direction de Stephenson. Nous en reproduirons les principaux traits d'après la notice de M. Henry Booth, trésorier de la Compagnie.

Les anciens rails à ornières (Outram-roads, ou par abréviation tram-roads, du nom de leur propagateur Benjamin Outram), étaient formés de bandes de fonte posées à plat sur le sol et munies d'un rebord saillant pour maintenir les roues sur la ligne du chemin. Ces rails étaient continuellement couverts de boue et de sable et donnaient lieu à des frottements considérables. La supériorité des chemins de fer ne se fit réellement sentir qu'au commencement du siècle actuel, losrqu'on eut recours au rail saillant.

Le premier chemin de fer public, établi en Angleterre, pour le transport des marchandises et des voyageurs, est celui de Stockton à Darlington, sur environ 25 milles de longueur; il n'était qu'à une voie, avec croisement tous les quarts de mille. La voie fut ouverte le 27 septembre 1825.

Dès 1822, on mit en discussion le projet de chemin de fer entre Liverpool et Manchester. Liverpool, port de commerce, recevait les produits de toutes les parties du monde et les envoyait à Manchester, ville manufacturière d'où revenaient les produits fabriqués. Les transports se faisaient par deux lignes d'eau : l'une passant par la Mersey et l'Irwel, exploitée par la compagnie du Vieux-Quai (1733), l'autre suivant le canal du duc de Bridgewater (1760).

En 1784, les huit premières balles de coton d'Amérique arrivèrent à Liverpool, en 1824, il en arrivait 410,000 balles; de 1760 à 1824, la population de ce port s'était élevée de 26,000 à 135,000 habitants.

Dans le même intervalle, la population de Manchester montait de 22,000 à 150,000 âmes.

Un trafic énorme, évalué à 1,200 tonnes par jour, existait entre ces deux villes, et les moyens de transports étaient insuffisants, la distance par terre atteignant une longueur de 36 milles et celle par eau 50 milles.

Un comité, présidé par Ch. Lawrence, maire de Liverpool, se forma, choisit pour ingénieur Georges Stephenson et lança un prospectus des plus remarquables, dons nous reproduirons les passages suivants :

« Pour un état commerçant, personne ne conteste l'importance d'un système sûr et économique dans le transport des marchandises d'une extrémité à l'autre de la même contrée.

« C'est à cet intérêt qu'on doit l'établissement des canaux : l'utilité générale en était la conséquence; et quoique ce nouveau mode de communication se trouvât en rivalité avec ceux qui existaient déjà, quoiqu'il eût à lutter contre les froissements, contre les préjudices même qui pouvaient en résulter à l'égard des propriétés à traverser, le grand principe du bien public l'emporta, et l'expérience a justifié ce résultat.

« C'est au nom du même principe qu'on propose aujourd'hui l'établissement des chemins de fer, comme un mode de transport évidemment supérieur à ce qui existe; comme possédant les avantages qui militent en faveur des canaux, et comme offrant au commerce un moyen de communication plus économique et plus rapide encore.

« La quantité des marchandises expédiées journellement de Manchester, ou réciproquement, est d'après l'estimation la plus faible, d'un millier de tonnes. La plus grande partie de ces marchandises est transportée par le canal du duc de Bridgewater, ou par la Mersey ou l'Irwel. Par ces deux lignes de navigation, les cargaisons ont à naviguer sur la Mersey pendant une longueur de 16 à 18 milles ; elles y sont exposées à de graves retards occasionnés par les vents contraires; dans les gros temps elles y éprouvent des avaries, et même assez fréquemment des naufrages. La durée moyenne du voyage sur ces deux routes navigables, compris le séjour sur les quais, exigé par les formalités de la douane, peut être fixé à trente-six heures, plus ou moins suivant l'état favorable ou contraire des vents et marées. Le prix moyen du fret pendant ces quatorze dernières années, a été d'environ 15 schillings par tonne.

« Par le chemin de fer projeté, le transport des marchandises entre Liverpool et Manchester s'effectuera en quatre ou cinq heures, et les frais en seront réduits au moins des deux tiers. Le public y trouvera non-seulement économie d'argent, mais encore ce qui est bien plus précieux, *économie de temps*. Le chiffre nominal de cette double épargne de temps et d'argent ne nous en représente pas toute la valeur ; l'industrie productive du pays y puisera aussi de puissants motifs d'émulation et d'encouragement et la nouvelle impulsion qui doit en résulter sera sans doute justement appréciée par les personnes qui savent combien sont fâcheuses pour le commerce les entraves que la moindre gêne entraîne après elle, et combien l'application des principes d'une vraie concurrence et de la liberté du commerce encourage et développe les entreprises.

« Le comité prévoit que le public ne comprendra pas immédiatement comment la compagnie du chemin de fer, qui a besoin d'un capital de £ 400,000,

pourra transporter les marchandises à un taux inférieur à celui de la compagnie des canaux. Il est pourtant facile de résoudre ce problème. Ce n'est point par impossibilité que les compagnies des canaux n'ont pas abaissé le prix des transports ; c'est que, fières de leur monopole, elles n'ont point jugé à propos d'accorder cette diminution de péage. Jusqu'ici le public n'avait aucun moyen de se défendre contre les exactions les plus arbitraires, contre la durée indéfinie, contre les nombreux inconvénients d'un état de choses aussi déplorable.

« Dans de pareilles circonstances, il n'existe qu'un seul moyen de salut : *la concurrence ;* et, pour en démontrer la nécessité, il suffira de rappeler que les actions du *Vieux-Quai*, créées à £ 70, ont été vendues jusqu'à £ 1,250 !

« Mais ce n'est point seulement le fret exorbitant des transports par eau qui fait désirer l'établissement d'un chemin de fer ; les canaux actuels ne peuvent point satisfaire à un besoin impérieux, indispensable : la régularité, la ponctualité des transports dans tous les moments et dans toutes les saisons. En été, le manque d'eau oblige fréquemment les bateaux à ne prendre que demi-charge ; nouvelle cause d'inconvénients et de retards. En hiver, les glaces les retiennent souvent plusieurs semaines de suite ; ce qui entrave évidemment les affaires. Un chemin de fer serait tout à fait à l'abri de ces contre-temps. Il y a encore une autre source d'objections contre le système actuel du transport par les canaux ; ce sont les fraudes, que l'on répare si rarement, si imparfaitement, et auxquelles donne lieu, avec tant de facilité, un voyage qui s'exécute lentement, sans aucun contrôle public. Sur un chemin de fer, au contraire, le transport se fait en quelques heures ; tout retard doit être motivé. On y rencontre donc la même publicité, la même sûreté que sur les routes royales.

« Outre le transport des marchandises entre Liverpool et Manchester, les actionnaires de la route projetée doivent espérer un revenu considérable du transport des charbons des riches houillères de Sainte-Hélène ; avantage que ne possèdent pas les compagnies des canaux, et qui, par son importance et son étendue, permettra probablement aux sociétaires des chemins de fer de baisser encore davantage leurs prix. Ces charbons prennent maintenant le canal de la Sankey et descendent la Mersey jusqu'à Liverpool, distance de 30 milles. Par le chemin de fer, la route sera moitié moins longue, et les frais considérablement réduits.

« Parmi les bienfaits nombreux que l'on doit attendre de l'établissement de ce chemin de fer, on doit mentionner surtout le développement considérable qu'il produira dans la prospérité commerciale de l'Irlande. L'énergie latente de ce pays, les ressources qu'il offre à l'établissement de nombreuses manufactures, se développeront par le contact et les communications qu'on lui rendra faciles avec les districts manufacturiers de ce royaume ; en même temps, le bon marché et la célérité avec lesquels on pourra importer dans les comtés populeux de Lancastre et d'York les différents produits de son industrie agricole, en augmenteront le débit. Tout ce qui abrége la durée des transports diminue réellement les distances, et cette considération ainsi que la diminution de fret qui en est la conséquence, se trouvent d'un immence intérêt pour l'Irlande.

« Dans l'état actuel du commerce, l'accélération des arrivages est aussi nécessaire que l'économie. Les marchandises expédiées de New-York franchissent souvent l'Atlantique, qui les sépare de Liverpool, en vingt et un jours ; tandis qu'à cause des différentes sources de retard que nous avons signalées plus haut, elles ont quelquefois mis plus de temps dans leur passage de Liverpool à Manchester. Ce grave inconvénient doit avoir un terme : les progrès de la

science mécanique n'en font plus une nécessité, et le bon sens public s'en révolte. Qu'on ne s'imagine point, en effet, que, si l'Angleterre reste stationnaire, les autres nations s'arrêteront également dans la carrière des améliorations. L'empereur de Russie a fait la demande de modèles de machines locomotives; d'autres gouvernements du continent sont parfaitement instruits de l'importance des projets aujourd'hui en discussion et destinés à favoriser le commerce intérieur de la Grande-Bretagne. Aux États-Unis d'Amérique, on est également plein d'enthousiasme pour les résultats importants que doit évidemment amener l'introduction des chemins de fer. Un habitant des États-Unis est arrivé dernièrement à Liverpool; son but était de recueillir les instructions nécessaires pour l'établissement d'un chemin à ornières destiné à relier les grandes rivières du Potomac et de l'Ohio. »

Le projet fut présenté au Parlement pour approbation, mais il y rencontra des adversaires acharnés dans les propriétaires des canaux et dans les comtes de Derby et de Seston dont une partie des domaines était coupée par le chemin de fer. Repoussé à la session de 1825, le projet, qui renfermait du reste des erreurs de nivellement, fut accepté à la session suivante, et la première assemblée générale des souscripteurs eut lieu le 29 mai 1826.

Le tracé adopté présentait des courbes ayant au moins 1,300 mètres de rayon; en partant de Liverpool on rencontrait une rampe de 22 millimètres par mètre qui devait être desservie par des machines fixes: sur le reste du chemin régnaient deux longues parties sensiblement horizontales ou inclinées au plus à $0^{m},003$, séparées par une rampe et une pente voisines ayant chacune une inclinaison de $0^{m},011$; on n'espérait pas à l'origine pouvoir se servir de la locomotive sur ces pentes, qu'on avait condensées sur une faible longueur en vue de l'emploi des machines fixes et des plans inclinés.

Les travaux difficiles furent: 1° la galerie souterraine de Liverpool, percée dans un terrain peu consistant; 2° la traversée du marais de Chat, formé d'une vase fluide dans laquelle les remblais s'enfonçaient jusqu'à ce que la masse eût atteint le sol résistant, (nous avons signalé ce fait dans notre *Traité de l'exécution des Travaux*); 3° le pont biais de Rainhill, coupant la voie ferrée sous un angle de 34°; 4° le pont sur l'Irwill.

On adopta des rails en fer forgé, de 5 yards ($4^{m},57$) de longueur, et pesant 35 livres par yard courant ou $15^{kg},855$ pour $0^{m},914$. — Ces rails étaient posés sur des dés en pierre, distants entre eux de trois pieds; chacun de ces dés avait environ 4 pieds cubes; on y forait deux trous ayant 6 pouces de profondeur sur 1 pouce de diamètre, dans lesquels on enfonçait deux chevilles en chêne; et les soutiens, ou coussinets en fonte, sur lesquels les rails s'ajustaient immédiatement, étaient fixés à ces dés à l'aide de clous qui pénétraient dans les chevilles en chêne. Sur les remblais où l'on pouvait craindre des tassements, les rails étaient posés sur des semelles ou solives en chêne.

Restait à trouver le moteur: on présenta aux directeurs un grand nombre de projets différents: ils reçurent des communications de personnes de toutes les classes, de savants professeurs, d'humbles mécaniciens : chacun recommandait un moteur plus parfait, ou un chariot perfectionné: tous s'empressèrent d'offrir leur appui; l'Angleterre, l'Amérique et le continent apportèrent également leur tribut. Gaz hydrogène et vapeur à haute pression; colonnes d'eau et colonnes de mercure; centaine d'atmosphères et vide parfait; machines à mouvement circulaire, sans feu ni vapeur, créant la puissance et communiquant le mouvement; chariots transportant chacun leurs rails; roues concentriques à d'autres roues

pour augmenter la vitesse sans diminuer la puissance ; ajoutez à cela toutes les combinaisons de forces se balançant, se faisant équilibre, jusqu'au nec plus ultrà du mouvement perpétuel. Enfin, tous les projets que l'esprit et l'imagination de l'homme peuvent enfanter furent à profusion offerts à la compagnie ; la difficulté était de faire un choix et de prononcer. Nous avons dit plus haut comment *la Fusée* de Robert Stephenson l'emporta sur tout le reste.

On reconnut bien vite qu'elle franchissait sans peine les plans inclinés de onze millimètres par mètre, et on renonça aux machines fixes et aux câbles, si ce n'est à la rampe du départ près de Liverpool. Sur ce point, Stephenson, presque seul de son avis, avait vu ses prévisions confirmées par l'expérience.

Le résultat le plus frappant de l'exécution du chemin de fer, dit M. Henry Booth, est la modification soudaine et singulière qu'ont subies nos idées de temps et d'espace. Les notions, que nous tenions de nos ancêtres et que nous avions vérifiées par notre expérience, se trouvent renversées en un jour, et désormais nos idées prennent un nouveau point de départ. Vitesse, temps, distance ont toujours une valeur relative, mais quelques mois ont suffi pour en changer la signification; ce qui était rapide est lent aujourd'hui et ce qui était éloigné ne l'est plus.

CHAPITRE II

DISPOSITIONS GÉNÉRALES DU MATÉRIEL ROULANT ET DE LA VOIE

Considérons un véhicule circulant sur les routes ordinaires, un chariot à quatre roues, par exemple; la caisse de ce chariot repose sur deux essieux, dont les directions sont susceptibles de faire entre elles un angle quelconque. Les roues sont folles sur les esiseux et généralement placées en dehors de la caisse. Une roue peut donc tourner pendant que la roue symétrique reste en place. Le véhicule est disposé de manière à tourner dans des courbes de rayon quelconque, et l'avant-train se place toujours dans la direction de l'effort.

Les véhicules des routes ordinaires ne pourraient circuler sur une voie ferrée, car :

1° les roues demandent à être guidées ou maintenues le long du rail par un mentonnet, qui se place généralement à l'intérieur de la voie et dont la saillie varie de $0^m,025$ à $0^m,04$;

2° A la moindre différence qui se produirait dans l'état des deux rails, à la moindre dissymétrie qui se présenterait dans l'attelage ou dans l'effort de traction, un des essieux se mettrait en travers : il est probable qu'un déraillement se produirait. Tout au moins, l'un des mentonnets se mettrait en contact avec le rail et la roue correspondante ne tournerait plus, mais serait entraînée le long du rail pendant que la roue opposée continuerait à tourner; de là, des frottements considérables, des arrachements et des chocs. Il est donc nécessaire que les essieux d'un même véhicule soient maintenus parallèles, et qu'en outre les roues soient calées sur les essieux;

3° Le calage des roues sur les essieux force les deux roues conjuguées à tourner ensemble avec la même vitesse angulaire; une roue ne peut donc glisser sur le rail pendant que l'autre tourne. Le calage présente un autre avantage : si la roue était folle sur l'essieu, comme elle est soumise à des vibrations et à des chocs perpétuels, elle ne tarderait pas à user la fusée sur laquelle elle tourne et son propre moyeu : il se formerait un jeu considérable, la roue se mettrait de dévers, ne porterait plus sur le rail que par une zone étroite et exercerait sur lui des poussées transversales qui pourraient être dangereuses;

4° Malgré le calage, si le bandage de la roue était cylindrique, il arriverait certainement que l'un des mentonnets se mettrait en contact avec le rail et s'y maintiendrait, d'où frottement et usure; il faut donc disposer le bandage de telle sorte qu'il tende sans cesse à revenir de lui-même à sa position moyenne, c'est à quoi l'on arrive avec un bandage conique, comme nous le verrons tout à l'heure.

5° Les roues des véhicules de chemins de fer ne peuvent qu'exceptionnellement être placées en dehors des caisses, car on serait conduit alors à adopter une voie trop large ou des wagons trop étroits; ainsi les caisses sont placées au-dessus des roues, et il est nécessaire que le diamètre de celles-ci soit limité, afin que la stabilité soit assurée et le chargement plus facile.

D'après ce qui précède, on voit que le matériel des chemins de fer est essentiellement rigide et disposé de manière à circuler en ligne droite.

La caisse d'un véhicule est montée sur un châssis horizontal quadrangulaire, en bois ou en fer, et le poids de ce châssis repose sur les boîtes à graisse par l'intermédiaire de ressorts flexibles en acier, destinés à amortir les secousses; mais on comprend que ces ressorts ne suffiraient pas à maintenir les essieux normaux aux longerons, leur flexibilité même s'y opposerait; il faut donc s'opposer au ballottage de l'essieu en l'enchâssant dans ce qu'on appelle les plaques de garde, plaques métalliques verticales, fixées chacune sous un longeron du châssis et terminées par une échancrure qui embrasse la boîte à graisse et pénètre dans deux rainures verticales que celle-ci présente; les plaques de garde laissent toute latitude aux oscillations verticales des ressorts, mais s'opposent aux oscillations horizontales. Cependant, les bords de l'échancrure d'une plaque de garde ne touchent pas le fond des rainures de la boîte à graisse, on ménage toujours un certain jeu, qui permet à l'essieu un déplacement angulaire horizontal. Cette disposition a pour objet de faciliter le passage dans les courbes.

Les boîtes à graisse, c'est-à-dire les points d'appui des véhicules sur l'essieu sont en dehors des roues; on obtient de la sorte une plus large assiette et un moindre porte-à-faux pour les caisses. De plus, les ruptures d'essieu se produisent toujours près des roues à l'intérieur de la voie; si l'on plaçait les points d'appui de la caisse précisément en cet endroit, on augmenterait évidemment les chances de rupture ou bien on serait conduit à augmenter le diamètre de la fusée et par suite le tirage.

Le matériel roulant des chemins de fer est donc parfaitement approprié à la circulation en ligne droite : néanmoins, il est capable de passer sans frottement exceptionnel dans des courbes de rayon restreint.

Pour faciliter le passage dans les courbes, plusieurs expédients sont mis en usage, savoir :

1° La conicité des bandages et le jeu de la voie.
2° Le jeu des plaques de garde dans les rainures des boîtes à graisse.
3° L'élargissement de la voie dans les parties courbes.
4° L'adoption de deux trains articulés.
5° La surélévation du rail extérieur des courbes.

1° CONICITÉ DES BANDAGES ET JEU DE LA VOIE.

Considérons une voie de largeur l, figure 3, planche I, que parcourent deux roues calées sur le même essieu; ces roues ont une jante conique et non pas cylindrique comme pour les roues des véhicules ordinaires, appelons r le rayon moyen OA de cette jante conique. Ce qu'on appelle la conicité du bandage, c'est le demi-angle α au sommet du cône droit ayant pour axe l'essieu et pour surface le pourtour de la roue prolongé dans l'espace. Cet angle α est aussi égal à l'inclinaison de la génératrice en contact avec le rail sur l'horizon.

Il va sans dire que le bandage de la roue doit reposer normalement sur le rail; il en résulte que celui-ci doit faire avec la verticale précisément l'angle α. Il en résulte aussi que, lors du passage des véhicules, le rail est soumis à un effort transversal qui tend à le renverser et qu'il doit être solidement relié à la traverse.

Sur les voies rectilignes, par suite de la conicité des bandages, le mentonnet ne peut rester en contact avec un des rails, et les roues, constamment écartées de leur position moyenne par les inégalités de la voie et par les résistances accidentelles de toute nature, y sont constamment ramenées; en effet, supposez qu'un mentonnet vienne en contact avec un rail, le cercle suivant lequel la roue tourne sur le rail a un rayon supérieur au rayon moyen de la jante, mais pour l'autre roue, le mentonnet s'est écarté du rail, et le cercle de roulement a un rayon inférieur au rayon moyen. La vitesse angulaire des deux roues étant la même, la première parcourt plus de chemin que la seconde dans le même temps, l'essieu tend à se mettre en travers et par suite la roue qui s'était élevée redescend, en glissant transversalement sur le rail, pour revenir à sa position moyenne; au contraire, la seconde roue monte sur son rail et regagne aussi sa position moyenne.

Une nouvelle cause de dérangement intervenant, une nouvelle oscillation se produit. Ces oscillations transversales constituent ce qu'on appelle le mouvement de lacet, qui, par les ressorts, est transmis aux véhicules.

On comprend bien que les deux roues ne sont pas calées de telle sorte que les deux mentonnets soient en contact avec les rails; la conicité serait alors inutile, puisque l'invariabilité de direction serait assurée, au moins théoriquement, car pratiquement il y a toujours quelques erreurs de pose. Les mentonnets étant sans cesse en contact avec le rail, il y aurait frottement et usure considérables; de plus, le passage dans les courbes serait impossible. Cette disposition n'est donc pas admissible; le rail se trouvant en contact avec le rayon moyen de la roue, il faut que le mentonnet soit à une certaine distance du rail, distance qui représente le jeu ou déplacement possible de la roue; c'est ce qu'on appelle le jeu de la voie.

Ainsi, dans la voie ordinaire, figure 3.

La largeur entre les axes des rails est de.	$1^m,51$
— entre les faces intérieures.	$1^m,45$
— entre les faces extérieures des mentonnets.	$1^m,420$
— entre les faces intérieures des mentonnets.	$1^m,390$

il en résulte qu'entre chaque mentonnet et la face intérieure du rail, il y a un jeu de $0^m,015$, c'est précisément le jeu de la voie; l'épaisseur du mentonnet qui est à l'origine de $0^m,03$ ou de $0^m,025$ est bientôt réduite par les frottements et le jeu de la voie, que nous désignerons par la lettre j, se trouve porté à $0^m,02$.

Voyons maintenant ce qui se passe dans les courbes :

En désignant par R le rayon de la courbe axiale de la voie, le rail extérieur a pour rayon $R + \frac{l}{2}$ et le rail intérieur a pour rayon $R - \frac{l}{2}$; l'essieu devant toujours demeurer normal à la voie, il faut que la roue extérieure parcoure dans un temps donné un plus grand arc que celui qui correspond à la roue intérieure. Pour un même angle au centre A, l'arc extérieur a un développement égal à $A\left(R + \frac{l}{2}\right)$

et l'arc intérieur un développement égal à A $\left(R-\frac{l}{2}\right)$; la roue extérieure montera sur son rail d'une quantité qui sera plus égale à (αj) et la roue intérieure descendra sur son rail d'une quantité égale (αj), le rayon de roulement de la première deviendra ($r+\alpha j$) et celui de la seconde ($r-\alpha j$), et si l'angle A correspond à (n) tours de roue, ou aura les deux relations :

$$2n\pi(r+\alpha j)=A\left(R+\frac{l}{2}\right)$$
$$2n\pi(r-\alpha j)=A\left(R-\frac{l}{2}\right)$$

les quantités α, r et l étant déterminées, et la quantité j devant rester au-dessous d'un maximum que nous avons évalué à $0^m,02$, ces équations ne pourront être vérifiées que si R ne descend pas au-dessous d'une certaine limite, facile à déerminer en éliminant (A) et (n) entre les deux équations précédentes.

A cet effet, divisons-les l'une par l'autre, il viendra :

$$\frac{R+\frac{l}{2}}{R-\frac{l}{2}}=\frac{r+\alpha j}{r-\alpha j} \quad \text{ou bien : } R=\frac{lr}{2\alpha.j}.$$

Tant que R sera supérieur à la valeur du second membre de cette équation dans laquelle on remplace j par son maximum, l, r et α par leurs valeurs connues dépendant de la voie et du véhicule, le roulement sera possible, aucun glissement longitudinal ne se produira sur les rails et le matériel circulera sur la courbe aussi bien qu'en ligne droite.

Exemple : Soit une voie ordinaire dans laquelle l, est égal à. . .	$1^m,51$
r, rayon d'un wagon ou d'une voiture, environ. . . .	$0^m,50$
α, conicité du bandage.	$\frac{1}{20}$
j, jeu de la voie	$0^m,02$

la formule donnera :

$$R=377^m,50.$$

Si l'on adopte une conicité un peu plus forte, par exemple $\frac{1}{15}$ avec un jeu de la voie de $0^m,025$, on pourra même passer dans des courbes de 225 mètres de rayon.

La formule nous montre que le rayon minimum des courbes admissibles varie proportionnellement à la largeur de la voie et au rayon des roues des véhicules; les voies étroites et les wagons montés sur petites roues permettent donc d'adopter des courbes de petit rayon; or les courbes de petit rayon facilitent singulièrement les tracés et réduisent les dépenses de premier établissement; donc, il convient d'adopter la voie étroite pour les chemins de fer économiques.

Exemple :

Soit une voie de $1^m,00$ de largeur, avec des véhicules montés sur roues de $0^m,80$ de diamètre, une conicité de $\frac{1}{15}$ et un jeu de $0^m,02$, la limite des rayons des courbes descendra, d'après la formule, à 150 mètres.

La formule nous apprend encore que le rayon minimum des courbes varie en raison inverse de la conicité et du jeu de la voie; il y a donc avantage à augmenter ces deux quantités; mais l'augmentation de la conicité entraîne celle

du mouvement de lacet et cause une grande gêne aux voyageurs; aussi, la conicité qui était de $\frac{1}{7}$ a l'origine des chemins de fer, a été diminuée progressivement jusqu'à $\frac{1}{20}$, fraction généralement adoptée aujourd'hui. De l'avis de quelques ingénieurs, on est allé trop loin dans la réduction.

L'augmentation du jeu de la voie est forcément limitée par la largeur des bandages, qui varie de $0^m,085$ à $0^m,125$; sur cette largeur, le mentonnet prend 25 millimètres, il reste donc 60 ou 100 millimètres. On admet que le bandage doit toujours porter sur le rail d'au moins 40 millimètres, le jeu de la voie ne peut donc varier que de 20 à 60 millimètres. Cette dernière limite n'est admise que dans le cas où on adopte dans les courbes un léger élargissement de la voie, comme nous le verrons tout à l'heure.

En somme, le matériel ordinaire, voitures et wagons, peut, avec quelques précautions. passer facilement dans des courbes de 300 mètres de rayon sans glissement longitudinal. Mais les locomotives ne sont pas dans le même cas; les grosses locomotives à plusieurs essieux couplés ont quelquefois des roues de $1^m,10$ de diamètre, cependant, en général, les roues des machines à marchandises ont $1^m,30$ de diamètre, celles des machines mixtes $1^m,50$, celles des express $2^m,00$ et plus.

Pour le passage de ces machines, il faut donc, si l'on conserve d'ailleurs les mêmes éléments que pour les voitures, augmenter les rayons des courbes dans le même rapport que les rayons des roues. C'est, en effet, à quoi on s'est résolu dans les premières lignes. Mais il est possible d'atténuer le mal, sans recourir aux machines exceptionnelles que nous décrirons dans le chapitre suivant, au moyen de quelques artifices : 1° on rapproche les mentonnets des deux roues conjuguées, de manière à augmenter le jeu de la voie, ce qui nécessite un bandage plus large; 2° on augmente la conicité du bandage des machines que l'on porte, par exemple, de $\frac{1}{20}$ à $\frac{1}{12}$.

Appliquons ces modifications à des roues de $2^m,00$ de diamètre, ayant un jeu de la voie de $0^m,03$ et une conicité de $\frac{1}{12}$, la formule nous donnera pour le rayon minimum

$$R = 302 \text{ mètres}$$

or les véhicules avec roues de $1^m,00$ de diamètre, conicité de $\frac{1}{20}$ et jeu de la voie de $0^m,025$, pourront aussi passer dans des courbes de même rayon.

Les machines et les voitures ou wagons pourront donc marcher ensemble dans des courbes de 300 mètres de rayon, sans qu'il y ait glissement longitudinal.

Remarques générales sur la conicité. La conicité des bandages a diminué, comme nous l'avons dit plus haut, depuis l'origine des chemins de fer; quelques ingénieurs ont pensé à la supprimer et à supprimer aussi l'inclinaison du rail qui en est la conséquence.

Sans doute, une conicité un peu forte a l'inconvénient de produire le mouvement de lacet qui se transmet aux caisses des voitures, amplifié par les ressorts; mais elle a l'immense avantage de faciliter le passage des courbes et d'éviter des frottements considérables en alignement droit.

Ce fait a été mis en évidence sur la ligne de Vienne à Salzbourg: on y avait posé le rail vertical, trouvant la conicité inutile; mais, les bandages n'étant plus sans cesse ramenés à leur position moyenne, les mentonnets frottaient le long des

rails et augmentaient l'effort de traction en même temps qu'ils dégradaient la voie et déchaussaient les traverses.

Cependant, le rail vertical a été adopté sur quelques lignes à faible vitesse et il ne semble pas en être résulté d'inconvénient, ce qui se comprend.

En somme, l'utilité d'une conicité modérée et de l'inclinaison du rail est presque universellement reconnue.

La conicité généralement admise est de $\frac{1}{20}$; l'expérience a montré que la conicité $\frac{1}{15}$ était trop forte et exagérait le mouvement de lacet en même temps qu'elle avait tendance à augmenter encore par l'usure. La conicité $\frac{1}{17}$ n'a pas cet inconvénient et pourrait être adoptée.

2° JEU DES PLAQUES DE GARDE DANS LES RAINURES DES BOITES A GRAISSE.

La caisse d'un véhicule de chemin de fer est montée sur un châssis rectangulaire formé de deux longerons et deux traverses en bois ou en fer; les longerons reposent sur les boîtes à graisse par l'intermédiaire des ressorts de suspension. Ces ressorts ne suffiraient pas à assurer le parallélisme des essieux, car ils se tordraient sous l'influence des inégalités de la voie ou de la traction et les essieux pourraient se mettre de travers. Aussi voit-on derrière les ressorts des plaques métalliques verticales évidées, embrassant par une échancrure la partie postérieure des boîtes à graisse. Ce sont les plaques de garde qui sont fixées d'ordinaire sur la face intérieure des longerons.

Les bords de l'échancrure pénètrent dans les rainures verticales ménagées dans la boîte à graisse, de sorte que les déformations des ressorts et les oscillations verticales de la caisse des véhicules s'effectuent librement.

Cependant, on laisse un certain jeu à la plaque de garde dans ses rainures, et cela aussi bien dans le sens longitudinal de la voie que dans le sens transversal. Cette disposition, qui permet un certain déplacement de l'essieu de part et d'autre de la normale au longeron, est très-favorable au passage dans les courbes, ainsi que nous l'allons voir :

1° Jeu dans le sens longitudinal de la voie. Entre les bords de la fourchette formée par la plaque de garde et la face verticale correspondante de la rainure ménagée dans la boîte à graisse, il y a un jeu de $0^m,005$ à $0^m,008$. Admettons ce dernier chiffre, auquel le matériel arrive toujours assez vite après un certain parcours.

Considérons un véhicule à deux essieux parallèles dont (e) est l'écartement; si le jeu des plaques de garde n'existait pas, les deux essieux resteraient parallèles, bien que parcourant une courbe, (figure 4, planche I) et la conicité des bandages fonctionnerait mal du moins pour les roues de derrière.

Pour que le roulement conique s'établisse, et qu'il n'y ait pas de frottement de glissement, la première condition est que les deux essieux convergent vers le centre de la courbe, c'est-à-dire prennent les directions ($a'b'$); la chose est possible, grâce au jeu des plaques de garde, pourvu toutefois que le rayon de la courbe ne soit pas inférieur à une certaine limite qui dépend de l'écartement des essieux, limite que nous allons déterminer :

Les deux triangles rectangles (opn) (naa') sont semblables, et l'on a la relation :

$$\frac{on}{np}=\frac{na}{aa'};$$

or (on) c'est le rayon R de la courbe axiale de la voie, (np) est le demi-écartement $\frac{e}{2}$ des essieux, na est sensiblement égale à la demi-largeur de voie $\frac{l}{2}$, aa' c'est le jeu K des plaques de garde dans la boîte à graisse; donc

$$\frac{2R}{e}=\frac{l}{2K}, \quad R=\frac{le}{4k}.$$

Dans les voitures et wagons, l'écartement des essieux varie de 3m,50 à 4 mètres; c'est en général 3m,60 pour les voitures; la largeur de voie est toujours 1m,51; quant au jeu des plaques de garde, il est bien de 0m,008, il en résulte pour R la valeur

$$R=178^m,75.$$

Ainsi, tant que le rayon des courbes sera supérieur à cette limite, la convergence des essieux vers le centre de courbure s'établira, et la conicité des bandages fonctionnera de manière à empêcher tout glissement longitudinal de se produire.

Il faut dire cependant que la convergence ne s'établit que par suite d'une certaine torsion et d'une certaine fatigue imprimée aux ressorts de suspension.

2° Jeu dans le sens transversal de la voie. Le jeu des plaques de garde dans le sens longitudinal de la voie n'a pas d'inconvénients pour les voitures et les wagons. Dans les machines, il est inadmissible, au moins pour les roues motrices, car le mécanisme porté par le châssis fixe actionne les essieux, et ce mécanisme ne se prête pas à une déformation longitudinale; un jeu qui s'établirait ne tarderait pas à se traduire par des claquements et par une destruction rapide des organes.

Le jeu longitudinal ne convient donc qu'aux roues porteuses et ne peut être adopté pour les roues motrices.

La flexibilité des machines s'obtient en rapprochant le plus possible les essieux couplés, en diminuant le diamètre des roues à mesure que leur nombre augmente, et en admettant un certain jeu des essieux dans le sens transversal à la voie; ce jeu n'est pas incompatible avec la transmission du mouvement, parce qu'on peut l'obtenir aussi pour les tourillons dans les bielles.

Du reste, le jeu transversal existe aussi dans les véhicules ordinaires et il est précieux notamment pour les voitures et wagons à 6 roues.

Examinons d'abord ce qui se passe lorsqu'un véhicule à deux essieux parallèles, non susceptibles de converger, parcourt une courbe.

En premier lieu, il faut que ce véhicule puisse être inscrit dans la courbe, ce qui dépend du rayon de la courbe R, du jeu de la voie j, du rayon r de la roue (on entend toujours le rayon moyen), de l'écartement (e) des essieux et de la saillie du mentonnet (m).

Supposez que les quatre roues reposent par leur circonférence moyenne sur deux rails rectilignes xy, $x'y'$ (figures 5 et 6, planche I); la face externe (ma) d'un mentonnet est à une distance du plan vertical xy égale au jeu de la voie j. Supposez maintenant que l'on courbe peu à peu les deux rails, en leur conser-

vant le même centre de courbure et qu'on s'arrête seulement lorsque les rails viendront en contact des mentonnets comme le montre la figure 5.

A ce moment on a :

$$\overline{mp}^2 = (2R - pq)pq, \quad \text{ou approximativement} \quad mp = \sqrt{2R.pq}$$

$$\text{mais } pq = pt + tq = j + \frac{\overline{ot}^2}{2R} = j + \frac{e^2}{8R} \quad \text{donc} \quad mp = \sqrt{2R\left(j + \frac{e^2}{8R}\right)}$$

D'un autre côté :

$$mp = ma + ap = ma + \frac{e}{2},$$

si l'on considère la projection d'une roue sur un plan vertical (figure 6), on a par approximation :

$$\overline{ma}^2 = 2r.m, \quad \text{d'où} \quad mp = \sqrt{2r.m} + \frac{e}{2}.$$

Égalant les deux valeurs trouvées pour la longueur mp, il en résulte l'équation :

$$\sqrt{2R\left(j + \frac{e^2}{8R}\right)} = \sqrt{2r.m} + \frac{e}{2}, \quad \text{d'où} \quad R = \frac{\sqrt{2rm}}{2j}\left(\sqrt{2rm} + e\right)$$

Faisons dans cette équation :

$r = 0^m 50$, $m = 0^m,03$, $j = 0^m,015$, $e = 1^m,00$, nous trouvons : $R = 25^m,12$.

Le véhicule sera donc toujours inscriptible dans une courbe quelconque, car des rayons de 30 mètres ne se rencontrent pas dans les chemins de fer.

Tant que le rayon sera supérieur à $24^m,12$, il y aura toujours un certain jeu, qui ira progressivement en diminuant jusqu'à ce que le rayon atteigne sa valeur minima ; si l'on veut conserver le même jeu en courbe qu'en alignement droit, il faudra donner à la voie un certain élargissement, comme nous le disons au paragraphe suivant.

Mais revenons au véhicule à deux essieux qui d'un alignement droit passe en courbe ; au premier moment, le parallélisme des essieux se maintient ; le mentonnet de la roue extérieure d'avant vient donc buter contre le rail et exerce sur lui une déformation qui dépend de la force vive, c'est-à-dire de la vitesse du véhicule ; la réaction du rail rejette à chaque instant la roue d'un élément de la courbe sur l'élément suivant. Quant à la roue intérieure, son mentonnet s'écarte au contraire du rail.

Cet état dure peu, grâce à la conicité et au jeu de l'essieu ; les deux essieux ne tardent pas à converger, la roue extérieure monte sur son rail, la roue intérieure descend sur le sien ; le roulement conique s'établit et tout frottement longitudinal disparaît.

Il faut remarquer cependant que, à l'entrée en courbe, avec un matériel rigide à essieux difficilement convergents, l'essieu d'arrière restant parallèle à l'essieu d'avant, l'axe longitudinal du véhicule se place obliquement sur le rayon de la courbe, la roue intérieure d'arrière se rapproche donc de son rail tandis que la roue extérieure s'éloigne du sien ; la conicité fonctionne à contre-sens, et il s'établit forcément un glissement longitudinal aussi funeste aux véhicules qu'à la voie. Cet état dure peu, mais ne s'en manifeste pas moins surtout à l'entrée des courbes de petit rayon.

On facilite beaucoup le passage des véhicules à essieux rigides dans les courbes en donnant aux essieux un jeu transversal dans la boîte à graisse, cela leur permet d'obéir plus facilement aux changements de direction qui leur sont imprimés. Les essieux, tout en restant parallèles, permettent néanmoins aux quatre roues de s'inscrire plus facilement dans la courbe.

La chose est importante particulièrement pour les véhicules à trois essieux (figure 8, planche I); considérons un de ces véhicules dans une courbe, où la convergence des essieux s'établit sensiblement : pour les essieux d'avant et d'arrière *ab* et *cd*, les roues extérieures ont leur mentonnet voisin du rail et les roues intérieures ont au contraire leur mentonnet éloigné; pour l'essieu intermédiaire, dont les extrémités (*e*) et (*f*) sont sur les droites *ac*, *bd*, la position des mentonnets est inverse de la précédente et la conicité fonctionne à contre-sens.

On rétablira un fonctionnement convenable, si on peut donner à cet essieu intermédiaire un jeu transversal qui l'amène de *ef* en *e′f′*.

Le jeu est égal à la longueur *ff′*, flèche de l'arc (*bd*), et l'on a approximativement la relation :

$$\overline{bf}^2 = 2.R.ff',$$

bf est le demi-empatement $\frac{e}{2}$ du véhicule, le jeu *ff′* se calculera donc par la formule

$$ff' = \frac{e^2}{8R}.$$

Exemple :

On veut qu'une locomotive de 5 mètres d'empatement passe dans une courbe de 300 mètres de rayon, le jeu transversal de l'essieu intermédiaire devra être de :

$$\frac{25}{8.300} = \frac{1}{96} = 0^m,0104$$

Ce jeu transversal pourra même être augmenté de quelques millimètres en réduisant un peu l'épaisseur des mentonnets des roues intermédiaires.

3° ÉLARGISSEMENT DE LA VOIE DANS LES PARTIES COURBES.

Nous avons calculé tout à l'heure (figure 5, planche I) le rayon minimum de la courbe dans laquelle peut s'inscrire un véhicule ayant les dimensions suivantes :

$2r$, diamètre de la roue	$1^m,00$
m, saillie des mentonnets	$0^m,03$
j, jeu de la voie	$0^m,015$
e, écartement des essieux	$4^m,00$

et nous avons trouvé que le rayon minimum était de $24^m,12$.

Dans une courbe ayant ce rayon, les quatre mentonnets touchent leurs rails, le jeu de la voie est annulé ; pour une courbe à rayon supérieur, le jeu de la voie ne sera pas annulé complètement, il diminuera en même temps que le rayon et passera pour chaque roue par toutes les valeurs comprises entre $0^m,015$ et 0.

Supposons qu'on veuille le maintenir constant, quel que soit le rayon de la courbe, il faudra procéder à un élargissement variable de la voie.

Soit xy un rail rectiligne, sur lequel une roue s'appuie par sa circonférence moyenne (figure 7, planche I), le jeu (j) de la voie est égal à (oa) ; supposez que le rail se courbe et prenne un rayon R, le jeu de la voie pour la roue considérée sera réduit à la longueur (ms) qui sépare le mentonnet du rail ; la diminution de ce jeu sera donc égale à :

$$oa - ms = kl = pl - pk = \frac{\overline{ls}^2}{2R} - \frac{\overline{ok}^2}{2R}$$

Mais, ls représente le demi-écartement $\frac{e}{2}$ des essieux augmenté de la longueur (ma) qui est égale comme le montre la figure 6 à $\sqrt{2rm}$; ok représente le demi-écartement des essieux.

La diminution du jeu de la voie est donc égale à

$$\frac{1}{R}\left(rm + \frac{e}{2}\sqrt{2rm}\right) \text{ pour une roue,}$$

et si l'on veut conserver pour chaque roue le jeu constant de 0m,015, il faudra en courbe augmenter la largeur de voie de deux fois la quantité précédente, c'est-à-dire de

$$\frac{1}{R}\left(2rm + e\sqrt{2rm}\right)$$

En alignement droit, cette quantité est nulle puisque R est infini ; elle est du reste assez petite tant que le rayon reste au-dessus de 300 et même de 100 mètres. Quand le rayon descend jusqu'au minimum 24m,12, nécessaire à l'inscription, l'élargissement est égal au jeu total de la voie, c'est-à-dire à 0m,03 seulement.

Les ingénieurs qui ont procédé à un élargissement de la voie dans les courbes l'ont toujours fait supérieur à ce que donne la formule précédente, qui cependant est rationnellement établie.

L'élargissement de la voie n'a donc pas toute l'importance qu'on lui a quelquefois accordé ; il ne doit guère être adopté que pour les petits rayons, et, comme les courbes à petit rayon sont franchies à petite vitesse, son utilité peut être contestée même dans ce cas.

Du reste, dans les courbes, la voie tend naturellement à s'élargir insensiblement ; on a même cherché en certains cas à combattre cet effet en contre-butant les traverses par exemple au moyen de pieux ; il ne semble pas que ces précautions soient nécessaires ; des traverses bien bourrées et séparées du talus par une largeur suffisante de ballast ne bougent pas.

4° ADOPTION DE TRAINS ARTICULÉS. — MATÉRIEL AMÉRICAIN

Les chemins de fer américains, surtout les plus anciens, présentent de nombreuses courbes de petit rayon, sur lesquelles notre matériel ne pourrait circuler.

Il fallut donc créer un matériel spécial : la solution adoptée est celle des trains séparés, mobiles autour d'une cheville ouvrière.

Imaginez une voiture à voyageur : c'est une longue caisse, ayant le double de la longueur de nos voitures et soutenue, à l'avant et à l'arrière, par un train mobile autour d'une cheville ouvrière, c'est-à-dire susceptible de prendre un mouvement de rotation autour d'une verticale comprise dans le plan de symétrie de la caisse.

Chaque train est composé de quatre roues montées sur deux essieux d'un parallélisme constant sans convergence possible; seulement, on adopte une conicité considérable, qui va jusqu'à $\frac{1}{7}$, les roues n'ont souvent que $0^m,80$ de diamètre, et l'espacement des essieux peut être réduit à 1 mètre d'axe en axe, de sorte que le passage se fait sans difficulté dans des courbes de 100 mètres de rayon.

Les deux trains sont indépendants l'un de l'autre, et la convergence s'établit entre leurs axes, mais les essieux de chacun restent exactement parallèles.

On fait des trains à six et même à huit roues, mais gén .:alement les voitures et wagons ne sont portés que par des trains à quatre roues.

Les voitures américaines ont forcément une grande longueur, ainsi qu'il convient pour des véhicules à huit roues; elles sont à couloir central, contiennent un grand nombre de voyageurs avec toutes les annexes nécessaires à l'existence. Elles sont parfaitement appropriées aux mœurs et aux exigences du pays; mais elles ont une stabilité inférieure à celle de nos voitures à cause des articulations placées dans l'axe de figure, elles ne conviendraient donc pas aux trains de grande vitesse.

Le système américain est la solution la plus nette et la plus répandue pour le matériel destiné à circuler dans des courbes roides; plusieurs autres systèmes ont été proposés, mais n'ont pas reçu grand accueil; nous les retrouverons dans un chapitre spécial.

5° SURÉLÉVATION DU RAIL EXTÉRIEUR DANS LES COURBES.

Lorsqu'un véhicule de chemin de fer, pesant un poids P, parcourt une courbe de rayon R avec une vitesse V, il est dans le cas d'un mobile quelconque parcourant un cercle d'un mouvement uniforme; il tend à chaque instant à suivre la tangente et néanmoins est ramené dans la direction de l'élément suivant de la courbe; de ce mouvement contrarié résulte ce que nous avons appelé en mécanique la force centrifuge. Elle a pour valeur le produit de la masse du mobile par le carré de la vitesse, divisé par le rayon de courbure; la masse est le rapport du poids du mobile à l'accélération (*g*) de la pesanteur.

Notre véhicule est donc soumis à une force centrifuge égale

$$\frac{P}{g}\frac{V^2}{R}$$

Nous avons vu que, pour réaliser le roulement conique, la roue extérieure à la courbe s'élevait sur son rail tandis que la roue intérieure descendait sur le sien, le véhicule s'incline donc vers le centre de courbure, les réactions sur les deux rails ne sont plus égales et de leur inégalité naît une force centripète, c'est-à-dire dirigée vers le centre de courbure.

Cette force centripète, développée par la conicité, vient en déduction de la

force centrifuge et peut même l'annuler si la vitesse est faible et la courbe douce; mais elle est insuffisante à annuler la force centrifuge dans les courbes ordinaires de nos grandes lignes, dès que la vitesse atteint 10 kilomètres à l'heure.

Il faut donc recourir à un autre moyen : la surélévation du rail extérieur. Cette surélévation incline le véhicule à l'intérieur de la courbe et, par conséquent, produit un effet inverse de celui qui est dû à la force centrifuge; il est, du reste, facile de calculer l'inclinaison qu'il convient d'adopter pour établir l'équilibre : fig. 9, pl. I.

Les deux rails forment an plan incliné de l'angle α sur l'horizon; le poids P a deux composantes,

L'une normale au plan incliné et égale à.. . . . . $P \cos \alpha$
L'autre parallèle — — . . . . $P \sin \alpha$
La force centrifuge qui est horizontale a aussi deux composantes

la force centrifuge qui est horizontale a aussi deux composantes :

l'une normale au plan incliné et égale à. . . . . $\frac{P}{g} \cdot \frac{V^2}{R} \cdot \sin \alpha$
L'autre parallèle — — . . . . $\frac{P}{g} \cdot \frac{V^2}{R} \cdot \cos \alpha$

La pression totale normale au plan est égale à

$$P \cos \alpha + \frac{P}{g} \frac{V^2}{R} \cdot \sin \alpha$$

et développe un frottement, c'est-à-dire une résistance parallèle au plan incliné, représentée par

$$fP \left(\cos \alpha + \frac{V^2}{gR} \sin \alpha \right) \cdot$$

Cette résistance est dirigée en sens inverse du mouvement; supposons que l'équilibre soit établi, c'est-à-dire que le véhicule, qui tend à sortir de la voie par l'effet de la force centrifuge, soit ramené en arrière avec une égale force par le frottement et la pesanteur combinées; les composantes parallèles au plan incliné devront être égales dans les deux sens, d'où l'équation :

$$\frac{P}{g} \cdot \frac{V^2}{R} \cdot \cos \alpha = P \sin \alpha + f \left(P \cos \alpha + \frac{P.V^2}{gR} \sin \alpha \right),$$

qui donne

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{V^2 - gRf}{gR + fV^2}.$$

Appelant, comme précédemment, l la largeur de voie, la différence de niveau entre le rail extérieur et le rail intérieur sera :

$$l \operatorname{tang} \alpha \quad \text{ou} \quad l. \frac{V^2 - gRf}{gR + fV^2}$$

Il faudra prendre, dans cette équation :

$f = 0{,}18$, $g = 9{,}8$, $l = 1{,}50$, et elle se mettra sous la forme : $1{,}5 \cdot \frac{V^2 - 1{,}76R}{9{,}8R + 0{,}18V^2}$

Le surhaussement sera nul lorsqu'on aura :

$$V^2 = 1,76R,$$

soit $R = 500^m$; cette équation sera vérifiée pour $V = 29^m$, ce qui correspond à une vitesse de 104 kilomètres à l'heure. Pour une vitesse moindre, la formule conduirait à un surhaussement négatif, c'est-à-dire que le frottement seul suffirait et au delà à empêcher l'effet de la force centrifuge.

Mais peut-on tenir compte du frottement? Non, car il est trop variable avec l'état des rails et peut s'abaisser considérablement en certains points. De plus, la force centrifuge s'exerçant sur les caisses peut déformer les ressorts transversalement et reporter le centre de gravité du véhicule vers le rail extérieur, ce qui favorise le renversement. — Il convient donc à tous égards d'assurer la stabilité par le seul jeu de la pesanteur et de négliger l'influence du frottement; dans ces conditions, le surhaussement est toujours positif et donné par la formule ;

$$l.\frac{V^2}{gR} \quad \text{ou,} \quad 0,15.\frac{V^2}{R},$$

formule dans laquelle on donne à V la plus grande valeur de la vitesse que prennent les trains parcourant la ligne.

Voici les valeurs adoptées pour la surélévation sur le réseau de l'Ouest

Courbes de. . . .	3000	2000	1500	1000	600	400	250 mètres de rayon
Surélévations de. .	15	30	40	65	75	100	130 millimètres.

Au réseau de Lyon, les surélévations sont plus fortes encore, et en Amérique elles atteignent $0^m,25$.

La pratique a montré, en effet, que les fortes surélévations n'avaient pas grand inconvénient, tandis que les surélévations trop faibles entraînaient des déraillements même avec des vitesses médiocres.

RACCORDEMENT DES DÉCLIVITÉS ET DES COURBES.

Lorsque, dans le profil en long d'un chemin de fer, deux déclivités en sens inverse viennent à se rencontrer, il peut en résulter de graves accidents si leur inclinaison est considérable. — Supposez un train montant une rampe et, aussitôt arrivé au sommet, descendant une pente inverse, les véhicules placés au sommet auront à résister à la traction des deux parties du train et leurs attelages pourront se trouver soumis à des efforts exceptionnels. — Imaginez un train descendant une forte pente et rencontrant immédiatement en bas une rampe inverse, il agira sur les rails et traverses de cette rampe comme un projectile énorme qui la frapperait sous une direction oblique. — A la suite de quelques accidents, l'administration prescrivit qu'à l'avenir un palier de 100 mètres au moins de longeur serait ménagé entre deux fortes déclivités.

Mais cette disposition ne suffit pas avec les pentes admises aujourd'hui dans la pratique, surtout pour les pays de montagnes. — Aussi, bien des ingénieurs raccordent-ils les déclivités successives par des arcs de cercle de grand rayon, afin d'éviter les angles brusques et d'obtenir un changement progressif de direction.

Dans une note insérée aux *Annales des ponts et chaussées de* 1867, M. l'ingénieur Nordling trouve la méthode précédente excellente, mais compliquée, et expose que, sur les lignes du réseau central d'Orléans, il a opéré les raccordements suivant une courbe plus pratique.

Il raccorde deux déclivités consécutives au moyen d'une série de lignes droites de 10 mètres de longueur, rachetant chacune une pente d'un millimètre, l'ensemble de ces lignes droites étant placé à cheval sur les deux parties à raccorder.

Ainsi, pour raccorder une pente de 10 millimètres avec un palier, on aura un raccordement formé d'un polygone de 9 côtés égaux, régnant sur 90 mètres de longueur, savoir 45 mètres sur la pente et 45 mètres sur le palier.

L'enveloppe du polygone ainsi obtenu est une parabole.

Une question analogue à la précédente se présente lorsqu'on passe d'un alignement droit à une courbe :

1° La courbe de la voie change brusquement et d'une valeur infinie saute à une valeur finie, égale à l'inverse du rayon ;

2° La surélévation du rail extérieur de la voie, surélévation qui souvent atteint une valeur de plusieurs centimètres, ne peut évidemment se produire tout d'un coup; il faut adoucir la transition et répartir cette surélévation du rail sur une hauteur suffisante.

« Pour racheter le dévers au point de tangence de l'arc de cercle, il faut nécessairement, dit M. Nordling, recourir à un plan incliné, qu'on peut placer soit complétement sur la droite, soit complétement dans la courbe, soit à cheval sur l'une et sur l'autre. — Au Réseau central, nous avons suivi jusqu'à ce jour le premier système, qui paraît le plus répandu, en donnant au plan incliné des courbes de 300 mètres une longueur de 15 à 18 mètres, soit une inclinaison de près d'un centimètre par mètre.

Cette manière de procéder offre plus d'un inconvénient :

D'abord on retombe, au pied et au sommet du plan incliné, dans les angles rentrants et saillants qu'on a proscrits du profil en long.

En second lieu, le plan incliné constitue une surface gauche qui tend à tordre les véhicules et leur imprime un mouvement d'autant plus sensible que la vitesse et la déclivité relative du plan incliné sont plus fortes.

Enfin, la voie affecte parfois des formes bizarres et choquantes. Supposons, par exemple, un palier en ligne droite, suivi d'une courbe en pente : le rail extérieur présentera, au point de tangence, une bosse prononcée.

Tous ces inconvénients sont atténués ou disparaissent pratiquement si l'on allonge le plan incliné du dévers; mais il faut accepter alors de longues parties droites en dévers, et on ne voit pas pourquoi on se permettrait, à l'approche des courbes, ce qui serait considéré comme un vice intolérable au milieu d'un alignement. »

On a donc essayé d'obtenir une variation progressive, en substituant à l'arc de cercle, qui raccorde en plan deux alignements droits, une anse de panier dont les rayons vont en diminuant depuis le point de tangence avec l'alignement droit jusqu'à la bissectrice de l'angle des deux alignements; en même temps, on fait croître ce surhaussement, d'une manière continue et déterminée, avec la longueur du développement de la courbe à partir de son origine.

Il nous suffira d'avoir indiqué le problème dont on trouvera la solution détaillée dans le Mémoire de M. l'ingénieur Chavès (*Recueil de la Société des Ingénieurs civils*, 1865, 3e cahier), et surtout dans la note de M. Nordling, citée plus

haut, et complétée par une note de M. l'ingénieur Combier, insérée dans les *Annales des ponts et chaussées* de septembre 1869. — La question est traitée aussi par M. Couche à la page 250 du 1er volume de son ouvrage : le raccordement entre l'alignement droit et l'arc de cercle se fait avec un bout d'arc appartenant à la parabole du 3e degré, courbe fort utile lorsqu'il s'agit d'obtenir une transition élégante et ménagée entre deux courbures différentes.

CHAPITRE III

DE LA VOIE

1° DU RAIL ET DE SES SUPPORTS.

Des divers systèmes de voies. — La voie la plus ancienne, celle qui, la première, a paru dans les mines, consistait en deux cours de madriers parallèles, sur le bord extérieur desquels étaient clouées ou chevillées d'autres pièces de petit équarrissage, destinées à maintenir les véhicules qui roulaient sur la face extérieure des madriers.

L'usure devait être rapide, et on réalisa un énorme perfectionnement lorsqu'on eut recours aux rails en fonte.

Les premiers sont connus sous le nom de plate-rails; le plus ancien, fig. 3, pl. II (1er *exemple*) a la section d'une cornière et repose sur des supports carrés peu distants les uns des autres; mais la face verticale de la cornière était trop élevée et occasionnait de graves frottements latéraux, on en diminua la hauteur et on renforça le rail par une nervure verticale inférieure (2e *exemple*); pour économiser la matière, on adoptait un profil d'égale résistance entre les supports, ce qui donnait la forme dite en ventre de poisson.

Cependant, les rails, toujours couverts de boue et de poussière, ne réduisaient pas le tirage autant qu'il est possible d'y arriver avec le roulement de fer sur fer; l'adoption du rail saillant à profil de simple ou double T, de simple ou double champignon, réalisa un grand progrès.

Le 3e *exemple* de la fig. 10 montre un rail à ventre de poisson, à simple champignon, reposant sur des dés de pierre, espacés d'environ 1 mètre; l'assemblage se fait par une sorte de coussinet en fonte à une seule joue et un clou en fer traverse à la fois cette joue et l'âme du rail. — Mais le tassement inégal des dés produisait d'un rail à l'autre des ressauts brusques et des chocs; de plus, il arrivait que la charge portait tout entière sur le clou d'assemblage, qui se rompait. — Le 4e *exemple* indique comment on perfectionna le système en aboutant les rails par un biseau vertical, de sorte que le clou les traversait tous les deux à la fois; en même temps le fond du coussinet était bombé, de sorte que les rails n'avaient jamais qu'un point d'appui sur le coussinet et celui-ci pouvait subir une certaine rotation sans nuire à la stabilité.

Les rails étaient toujours en fonte et de faible longueur, 1 mètre environ: de là, multiplicité des joints et dureté de la voie. — Au commencement du siècle,

on imagina de fabriquer des rails en fer laminé, à qui on donna d'abord la forme en ventre de poisson, ce qui augmentait beaucoup les difficultés de fabrication sans compenser le surcroît de dépense par une économie de matière; actuellement, on ne fabrique plus que des rails à section constante, dont la longueur est ordinairement de 6 mètres.

La forme adoptée à l'origine fut celle que représente la fig. 10 de la pl. I, un champignon à la partie supérieure et un corps carré à la partie inférieure; le rail est posé sur des dés en pierre, à section carrée, dont une diagonale est parallèle à la voie, ce qui augmente la longueur de l'appui et facilite le bourrage du ballast. — Sur chaque dé est un coussinet en fonte à deux joues; dans l'une se loge le corps carré du rail, sur l'autre s'appuie un coin en bois que l'on chasse entre la joue du coussinet et le rail, afin d'assurer la position de celui-ci. — Il va sans dire que les rails successifs sont toujours aboutés dans un coussinet, tout en restant indépendants les uns des autres.— On a soin aussi de réserver un espace de 2 ou 3 millimètres pour le jeu de la dilatation.

Peu à peu, le rail que nous venons de décrire se modifia pour prendre la forme du double champignon, fig. 1, pl. III, dont l'emploi est encore général en Angleterre et même sur certaines lignes de France.

En même temps que le rail à double champignon se développait en Angleterre, l'Amérique et l'Allemagne adoptaient spécialement ce que nous appelons le rail Vignoles, ou rail à patin, fig. 5, pl. IV, comprenant un champignon supérieur et un patin inférieur, réunis par une âme verticale. — Le rail à patin l'emporte aujourd'hui sur son rival et jouit d'une préférence générale.

Le rail Brunel, ou rail en V renversé, fig. 8, pl. V, posé sur longrines, a été l'objet d'une faveur passagère, mais il a presque totalement disparu.

En ce qui touche les supports, les dés en pierre ne sont plus guère en usage, peut-être à tort, car ils pourraient rendre des services sur quelques lignes. — Les longrines, ou madriers, placés longitudinalement sous chaque file de rails, n'ont pas été conservés davantage.

C'est la traverse qui règne sans conteste; dans la voie ordinaire, la traverse est une pièce de bois, à peu près équarrie, de 2m,50 à 2m,70 de longueur, de 0m,20 à 0m,30 de large, de 0m,11 à 0m,15 de hauteur. Ces traverses sont plus ou moins écartées, suivant les lignes, ainsi que nous le verrons plus loin.

Dans ces dernières années, l'apparition des rails en acier fondu, ou métal Bessemer, a réalisé un grand progrès en augmentant la dureté et la résistance des rails.

Efforts auxquels un rail est soumis. — Un rail peut être soumis à cinq efforts différents :

1° Le poids des véhicules, qui est transmis par le bandage des roues sur une certaine zone de la surface du rail, est susceptible de l'écraser, ou tout au moins de le détériorer rapidement, si la pression par unité de surface dépasse une certaine limite; la bonne répartition des pressions dépend de l'étendue de la zone de contact et de la forme du champignon;

2° Le poids des véhicules détermine la flexion du rail, conformément aux lois et aux formules de résistance que nous avons exposées pour les poutres métalliques; entre deux appuis consécutifs, le rail fléchit, les fibres supérieures sont comprimées et doivent être d'un bon fer à grain, les fibres inférieures sont soumises à l'extension et doivent être d'un fer nerveux; la fibre neutre se trouve dans l'âme verticale et passe au centre de gravité de la section. Il est difficile de considérer les rails comme encastrés sur leurs appuis, car leur masse est bien

faible relativement à la masse roulante, et le poids des travées voisines de celle qui est chargée ne suffit pas à déterminer l'encastrement sur les appuis; nous pensons donc qu'il vaut mieux, dans le calcul de la résistance des rails, les considérer comme des poutres simplement posées sur les appuis, que de les transformer en poutres à travées solidaires;

3° De la conicité des bandages et de l'inclinaison du rail, du surhaussement du rail extérieur des courbes et de la force centrifuge, variable avec la vitesse et le rayon, résulte un effort de glissement transversal à la voie, effort qui prend surtout de l'importance en courbe;

4° Outre la tendance au glissement transversal du rail sur la traverse et de la traverse sur le ballast, les mêmes causes déterminent sur le rail une tendance au renversement autour de l'arête du patin ; en voie droite, le rail étant incliné à l'intérieur de la voie, c'est de ce côté qu'il tend à se renverser, à moins d'une pression accidentelle des mentonnets; en voie courbe, la tendance au renversement peut se manifester dans un sens ou dans l'autre. On voit qu'en tout cas, il convient de maintenir le rail dans les deux sens;

5° Enfin, par suite de l'action des roues motrices, le rail est soumis à un effort longitudinal, et il convient de maintenir l'écartement des rails d'une même file, car ils ont toujours tendance à se rapprocher, notamment sur les déclivités, et, s'ils venaient en contact, le jeu de la dilatation, ne se produisant plus librement pourrait entraîner des déformations transversales.

Description d'une voie avec rail à double champignon. — Avant d'entrer dans le détail des dispositions diverses qu'on donne aux deux systèmes de voie en usage, avant de comparer ces deux systèmes entre eux et de dire lequel on doit préférer, il convient de les décrire, afin d'en faire comprendre nettement les dispositions.

Les figures de la pl. III représentent la voie avec rails à deux champignons symétriques établie pour le chemin de fer du Bourbonnais, sur la section de Nevers à Roanne.

Le profil du rail est complétement coté; sa hauteur est de 132,4 millimètres, la largeur du champignon de 60 millimètres et l'épaisseur de l'âme de 18 millimètres; la surface de roulement se compose d'un arc de cercle de 91 millimètres de rayon, suivi d'un autre arc de 9 millimètres seulement, puis vient un arc de 22 millimètres de rayon, suivi d'une partie droite contre laquelle presse le bord de l'éclisse; le raccordement de la partie droite du champignon avec la face verticale de l'âme se fait par un arc de 32 millimètres de rayon. — La longueur normale de ce rail est de $5^{m},50$, et son poids est de $36^{kg},43$ au mètre courant.

Les rails peuvent être posés de deux manières : 1° avec coussinets de joints, 2° ou avec éclisses placées en porte à faux entre deux traverses :

1° *Rail à coussinet de joint.* — Le premier système exige six traverses par rail; les quatre intervalles intermédiaires sont de $1^{m},025$ d'axe en axe des traverses et les intervalles extrêmes sont de $0^{m},70$ seulement : sur chaque traverse intermédiaire le rail est porté par un coussinet en fonte, dont les figures donnent les détails et les cotes; ce coussinet a une base de 90 millimètres dans le sens de la voie et de 266 millimètres dans le sens transversal; il pèse $8^{kg},40$ et est fixé à la traverse au moyen de deux chevillettes (fig. 10) en fer, à tête ronde, à section octogonale, terminées par un biseau qu'on enfonce normalement aux fibres du bois; les deux chevilles d'un même coussinet ne sont pas dans le même plan transversal de la voie. Entre les deux joues du coussinet, qui sont reliées à l'embase

par des nervures transversales venues de fonte, se logent le rail et son coin de serrage en cœur de chêne. — Le rail se loge dans une cavité ménagée dans la joue intérieure de la voie, mais on ne cherche pas à obtenir le contact entre les deux profils sur toute la longueur du développement, car on n'y arriverait pas avec des pièces fondues, à moins de procéder à un véritable ajustage; afin d'être bien sûr que le contact s'établira convenablement, on ne le réalise qu'en trois points : au sommet et à la base de la joue et sur le fond du coussinet, comme le montre la fig. 4. — L'inclinaison du rail, $\frac{1}{20}$, est obtenue par la forme même de la cavité du coussinet.

Le coin, dont l'inclinaison des faces est de $\frac{1}{25}$, est, comme nous l'avons dit, en cœur de chêne, de droit fil et bien sain. Le coin doit être chassé entre le coussinet et le rail en sens inverse de la marche des trains, car le passage des trains tend alors à augmenter le serrage, tandis que, dans le sens contraire, il le diminuerait. — Cette disposition entraînerait à adopter deux modèles de coussinets, un pour chaque voie; on remédie à cet inconvénient en donnant à la face intérieure de la joue externe du coussinet une double inclinaison à partir de son plan d'axe transversal médian; de la sorte, on peut coincer dans un sens ou dans l'autre, suivant qu'il en est besoin.

Les coins se desserrent sans cesse, par suite des variations atmosphériques ou des trépidations de la voie; ils perdent de leur élasticité avec le temps; ils doivent être fréquemment visités et resserrés.

Les extrémités de chaque rail tombent au milieu d'un coussinet de joint, dont la largeur est portée de 90 à 120 millimètres et qui pèse $11^{kg},76$. — Le coinçage demande à être particulièrement surveillé au coussinet de joint.

Cette disposition a un grave inconvénient facile à comprendre : lorsqu'une roue arrive vers l'extrémité d'un rail, celle-ci, soulevée d'abord par la flexion, est abaissée brusquement, il en résulte un claquement du rail sur le coussinet; ce claquement, répété à l'infini, augmente d'amplitude avec le temps, car le coussinet ne tarde pas à se creuser d'une manière progressive.

De plus, au passage d'un rail à l'autre, il se produit un ressaut et un choc facile à percevoir quand on parcourt une voie de ce genre.

Cet inconvénient a pris de grandes proportions sur les lignes où l'on a augmenté tout à la fois le poids des machines et leur vitesse.

On songea alors à transformer le rail en une longue poutre continue, supportée par une infinité de piles; pour obtenir ce résultat, il fallait réunir par des moises latérales les deux rails placés bout à bout, et, en effet, ces moises en fer sont désignées sous le nom d'éclisses.

2° *Rails éclissés en porte à faux.* — Il était difficile de placer les éclisses dans un coussinet, parce qu'on arrivait à donner à celui-ci des dimensions trop considérables; cependant, on l'a fait quelquefois, ou bien on a eu recours au coussinet éclisse.

C'est aujourd'hui une pratique générale que de placer les éclisses en porte à faux, au milieu de l'intervalle qui sépare deux traverses.

La fig. 18 représente le plan de pose dans ce cas; chaque rail est encore supporté par six traverses; mais il y a cinq intervalles entre-axe de $0^m,980$ et un seul, beaucoup plus petit, de $0^m,60$.

On donne aux éclisses la forme indiquée par les figures 15 et 16; chaque éclisse s'appuie, par une tranche plane, sur la facette latérale plane des champignons, et l'on obtient un serrage énergique des deux éclisses contre le rail au moyen de quatre boulons qui traversent à la fois les éclisses et le rail.

Les boulons ne doivent travailler que par extension, de manière à produire un serrage; il ne faut pas qu'ils touchent le rail, car ils se trouveraient coupés par lui, ou bien contrarieraient le jeu de la dilatation; aussi, le diamètre des trous percés dans le rail est-il de 24 millimètres, tandis que le diamètre des boulons n'est que de 19.

Il faut donner aux éclisses la plus grande longueur possible; dans le cas actuel, elle est de $0^m,45$ et établit une solidarité complète entre les deux rails voisins.

Une paire d'éclisses pèse $9^{kg},32$; le poids d'un boulon, avec son écrou et sa rondelle, est de $0^{kg},408$. La tête du boulon est allongée dans le sens horizontal et engagée dans une rainure longitudinale, ménagée sur l'une des éclisses, pour l'empêcher de tourner au moment où l'on pose l'écrou.

Les coins sont presque toujours placés en dehors de la voie; car il faut ménager entre la surface de roulement du rail et le sommet de la joue du coussinet une hauteur suffisante pour le passage des mentonnets, 4 à 5 centimètres; dans le cas qui nous occupe, on a ménagé 39,2 millimètres; dans ces conditions, si le coin était à l'intérieur de la voie, il serait mieux placé pour maintenir l'écartement des rails, mais il serait de trop faible hauteur, à moins qu'on n'augmentât outre mesure l'épaisseur de l'embase du coussinet. Au contraire, en dehors de la voie, rien ne gêne et on a plus de latitude pour donner au coin une hauteur suffisante.

Inversement, les écrous des boulons d'éclisse doivent être à l'intérieur de la voie, parce qu'il y a moins de hauteur de ballast, et il sera plus commode de les visiter et de les resserrer lorsque le besoin s'en fera sentir; une des arêtes de l'écrou doit être placée horizontalement, afin qu'on reconnaisse facilement le moment où un nouveau serrage est nécessaire.

La voie que nous venons de décrire est supportée par des traverses de $2^m,60$ de longueur; celles qui correspondent à des coussinets de joint ont $0^m,30$ de large sur $0^m,15$ de haut et cubent $0^m,117$; les traverses courantes ont $0^m,22$ sur $0^m,15$ et cubent $0^m,0858$.

Description d'une voie avec rails à patin. — Les figures de la pl. IV, représentent une voie avec rails à patin, établie pour le passage du chemin de fer du Bourbonnais, sur la section de Moret à Nevers.

Le rail a une hauteur de 130 millimètres; le champignon, dont la largeur est de 60 millimètres, a au sommet un rayon de 200 millimètres, le rayon suivant est de 67 et le troisième de 18 millimètres; celui-ci se raccorde avec une face verticale plane qui se raccorde à son tour, par un rayon de 3,25 millimètres, avec le plan incliné de l'éclissage.

Les deux faces d'éclissage font entre elles un angle de 120°, qui est un peu fort, parce que les parties latérales du champignon sont mal soutenues, se trouvent en porte à faux par rapport à l'âme du rail et peuvent se déformer.

Un angle trop faible, de 75 degrés par exemple, aurait un autre inconvénient, c'est que le champignon formerait coin entre les deux éclisses, dont les boulons seraient soumis à une traction considérable lors du passage des trains; aussi recommande-t-on, d'ordinaire, d'adopter un angle d'environ 100 degrés.

L'âme verticale du rail a 16 millimètres d'épaisseur, et la largeur des patins, dont la fig. 5 donne le profil, est de 100 millimètres.

Le poids de ce rail est de $36^{kg},40$ par mètre courant.

Sur chaque traverse, le rail est fixé par deux crampons en fer, l'un d'un côté, l'autre de l'autre; la fig. 7 représente un crampon à section polygonale, sans biseau à la base, du poids de $0^{kg},385$; la fig. 8 représente un autre crampon, à

section rectangulaire, du poids de $0^{kg},280$, terminé par un biseau qu'on enfonce transversalement aux fibres du bois.

On voit comment ces crampons maintiennent le rail sur les traverses courantes (fig. 3) ; à l'origine, on perçait des trous dans le patin et on le fixait à la traverse par des chevilles en bois ou en fer. Les chevilles en bois sont absolument à rejeter, et, du moment qu'on se sert de chevilles en fer, il est bien préférable de leur donner la forme des crampons indiquée par les fig. 8 ; en effet : 1° il n'est pas besoin de percer le rail à l'avance et de se créer une sujétion pour les points d'attache ; 2° on s'oppose d'une manière bien plus efficace au renversement du rail, puisqu'on augmente considérablement le bras de levier de la résistance.

On remarquera que les têtes des crampons sont munies d'oreilles sous lesquelles on engage un levier pour arracher les crampons lorsque cela est nécessaire.

Au bout de chaque rail, sur la dernière traverse, les crampons sont engagés de $0^{m},016$ dans une encoche ménagée sur le bord du patin (fig. 4) et les crampons sont inclinés de $\frac{1}{10}$ sur l'axe du rail : on s'oppose de la sorte à tout mouvement longitudinal du rail.

Avec le rail à double champignon, l'inclinaison du rail s'obtient, avons-nous dit, par la forme même du coussinet ; il n'en est plus de même avec le rail à patin, qui, généralement, repose sans aucun intermédiaire sur les traverses. — L'inclinaison doit être obtenue par le sabotage de la traverse ; le sabotage est l'opération qui consiste à entailler la traverse, à poser le coussinet s'il y a lieu, à faire les trous des chevilles, crampons ou tire-fonds, ou à poser le rail à patin lorsque c'est lui qu'on emploie.

L'entaille de la traverse se fait à la machine ; le fond de l'entaille pour le rail à patin est incliné de $\frac{1}{20}$ sur l'horizon ; la profondeur de l'entaille, du côté extérieur de la voie, doit être assez forte pour s'opposer efficacement au déplacement transversal du rail. Dans le cas actuel, nous n'avons que $0^{m},005$; c'est insuffisant ; mieux vaut se rapprocher davantage de $0^{m},01$.

La largeur de l'entaille est égale à celle du patin, avec un jeu de 1 à 2 millimètres.

Coussinet éclisse pour rail à double champignon. — La figure 3, de la pl. VI, reproduit un rail avec coussinet éclisse, de la Compagnie de l'Ouest.

Le coussinet est formé de deux T renversés, dont la tige est recourbée de manière à former une éclisse de chaque côté du rail et dont la base est fixée à la traverse par deux crampons. — Le rail ne porte pas sur l'embase du coussinet, il ne s'appuie que sur les deux faces planes des éclisses.

Les têtes des boulons sont munies de saillies les empêchant de tourner quand on serre l'écrou.

Le rail pèse $37^{kg},75$ par mètre courant ; il a 6 mètres de long et repose sur huit traverses ; les trois intervalles entre-axe, au milieu du rail, sont de 1 mètre, les deux suivants, de $0^{m},80$, et les deux derniers, de $0^{m},702$; la distance entre es axes des traverses extrêmes est de $6^{m},004$, ce qui donne à la température de la pose un jeu de $0^{m},004$ entre deux rails consécutifs.

Le coussinet-éclisse a été surtout appliqué à des rails peu éclissables, c'est-à-dire à ceux dont l'angle des portées planes du champignon était considéré comme trop faible. Nous avons déjà dit que, dans ce cas, le champignon agit sur les deux éclisses comme un coin aigu ; au lieu de leur transmettre la charge à peu près d'aplomb, il tend donc à écarter les éclisses, d'où résulte sur les

boulons de celles-ci une traction considérable. Avec le coussinet-éclisse, la force qui tend à écarter les éclisses l'une de l'autre est en grande partie équilibrée par le frottement de la base sur la traverse, et l'on a moins à craindre les ruptures des boulons.

D'après M. Couche, les tire-fonds conviennent mieux au coussinet-éclisse que les crampons, qui sont trop difficiles à arracher.

Le coussinet-éclisse ne doit être employé que pour des rails d'ancien profil se prêtant mal à l'éclissage ordinaire; il convient bien au rail à double champignon dissymétrique, là où il en existe encore.

Pour des rails nouveaux, on a soin d'adopter un profil facilement éclissable, et le coussinet-éclisse, qui coûte cher, est absolument inutile.

Rail a deux champignons non symétriques. — Le rail à deux champignons non symétriques a, pour ainsi dire, disparu en France; cependant, la Belgique lui reste fidèle, et il convient d'en dire quelques mots. — La fig. 1, de la pl. VI, donne le profil d'un rail dissymétrique qui fut employé entre Roanne et Lyon. Il pèse $35^{kg},93$ par mètre courant, et sa longueur normale est de $5^{m},50$. — La voie est établie avec coussinets courants pesant $9^{kg},15$, et coussinets de joint pesant $11^{kg},66$; les chevillettes pèsent $0^{kg},36$.

Le champignon de roulement a 65 millimètres de large, et le champignon inférieur 57 millimètres; la surface de roulement présente en son milieu une partie plane de 10 millimètres de large, qui se poursuit par des arcs de 71 millimètres de rayon, puis vient un autre arc de 16 millimètres.

Profil du champignon de roulement. — La question du bombement des champignons de roulement a fait l'objet de longues discussions; à l'origine, on adoptait une surface plane de $0^{m},06$, mais les inégalités apparaissaient bientôt sur cette surface comme sur celle du rail, les bords s'écrasaient parce que la charge s'y accumulait à certains moments, et, en somme, on arrivait à de mauvais résultats. On adopta alors un bombement exagéré, qui a le grave défaut de condenser les pressions sur une faible surface, de creuser le bandage des roues dans sa partie moyenne, de sorte qu'il peut arriver que le bandage porte sur le rail par sa partie extérieure; il en résulte des déformations considérables du rail, lesquelles s'opposent au retournement, parce que le champignon de roulement ne peut plus s'adapter au coussinet. Ce qu'il faut, c'est une surface de roulement, présentant une certaine étendue avec un bombement très-faible vers le milieu du rail; cette surface doit se dérober rapidement quand on approche du bord afin que les pressions ne viennent jamais se condenser sur les parties latérales du champignon.

Une petite partie plane vers le milieu du champignon est donc parfaitement admissible et ne saurait conduire à de mauvais résultats; cependant, on préfère généralement un arc à grand rayon, 150 à 200 millimètres, raccordé avec les parties latérales du rail par des arcs à petit rayon, de manière à soustraire les bords du champignon à l'action des bandages.

Mais revenons au rail à double champignon dissymétrique : il n'a qu'un avantage, c'est d'économiser un peu le poids des coussinets. Mais il enlève au rail à double champignon l'argument le plus sérieux qu'on invoque en sa faveur : la possibilité du retournement. Le rail dissymétrique doit donc être abandonné, et c'est généralement ce qu'on a fait.

COMPARAISON ENTRE LE RAIL A DOUBLE CHAMPIGNON ET LE RAIL A PATIN.

La manière qui nous paraît la plus simple pour comparer entre eux le rail à double champignon et le rail à patin, et pour en exposer les perfectionnements successifs, c'est de passer en revue et d'analyser rapidement les divers mémoires publiés sur la matière dans ces vingt dernières années.

Mémoire de M. Couche sur les chemins de fer d'Allemagne en 1855. — Dans son remarquable mémoire sur les chemins de fer d'Allemagne, M. Couche signale d'abord l'imperfection des modes de construction de la voie usités en France à cette époque (1855).

Les conditions dans lesquelles les élements de la voie sont placés, dit-il, échappent à une définition rigoureuse, et l'intensité des actions mécaniques, auxquelles ils sont soumis, n'est pas susceptible elle-même d'une appréciation exacte; de sorte que l'expérience longtemps prolongée peut seule juger un système, à moins qu'il ne soit décidément mauvais.

Trois formes de rails sont en présence : le rail à patin; le rail à deux champignons égaux; le rail à deux champignons inégaux,

Si l'on considére la résistance transversale, à section égale, il résulte des expériences de M. Weishaupt (1851) que :

Le rail de Westphalie, dans la position normale, c'est-à-dire le gros champignon en haut s'est brisé sous une charge de 15,900 kilogrammes et avec une flèche 0^{m},142, tandis que, dans la position inverse, la rupture s'est produite par une charge de 20,000 kilogrammes et une flèche de 0^{m},15. Ainsi, au point de vue de la résistance, c'est en bas qu'il faut placer les gros champignons, de sorte que le profil adopté est vicieux sur ce point.

Le rail américain résiste toujours mieux dans la position directe que dans la position renversée, même dans le cas où il y a un peu moins de matière dans le patin que dans le champignon ; cela tient à la forme ; le patin, avec sa forme aplatie, renferme nécessairement un métal résistant beaucoup mieux à l'extension qu'à la compression.

Au point de vue de la résistance, il y a équivalence pratique entre le rail à double champignon symétrique et le rail à patin, dans lequel le patin renferme autant de métal que le champignon.

Quant à la résistance aux efforts horizontaux, elle n'a qu'une importance secondaire; du moment que la résistance à la flexion est satisfaite, la résistance aux efforts transversaux ne dépend plus que de la manière dont le rail est fixé sur ses supports.

Pour opérer le retournement du rail symétrique, on ne doit pas attendre que le champignon de roulement ait subi de graves déformations, parce qu'alors il s'adaptera très-mal au coussinet ; on obtiendra une voie détestable, et les ruptures de rails seront fréquentes.

Mais, appliquée avec réserve, l'opération du retournement est irréprochable; il faut avoir soin d'exclure les rails dont le champignon supérieur est exfolié ou déformé outre mesure, et ceux dont le champignon inférieur a été martelé par les claquements sur le coussinet.

Le coussinet a le grave inconvénient d'occasionner un supplément de dépense

de 8,000 à 10,000 francs par kilomètre de double voie ; le rail à patin réalise donc une grande économie.

L'assemblage des rails symétriques dans les coussinets au moyen de coins en bois peut paraître favorable en ce sens qu'il oppose un corps compressible aux efforts transmis par les mentonnets ; mais qu'un coin soit enlevé, cela peut suffire pour déterminer un déraillement. D'autre part, le rail à patin s'attache sur la traverse absolument comme le coussinet ; cet intermédiaire seul est supprimé sans que rien soit changé à la situation ; dans le coussinet, toutes les chevilles s'opposent au glissement transversal, tandis que, avec le rail à patin, la résistance des crampons extérieurs seuls est mise en jeu, cela est vrai ; mais les crampons extérieurs suffisent bien à s'opposer au glissement.

La stabilité du rail américain est moindre que celle du coussinet, parce que le rapport de la hauteur à la base est plus considérable ; mais, la largeur de base du coussinet n'est pas du tout fixée par cette considération, elle dépend surtout de la dimension du coin, de l'épaisseur de joue et de la place à réserver aux trous des chevilles. Si on ne visait que la stabilité, on pourrait fort bien réduire la base du coussinet, c'est à quoi l'on arrive avec le rail à patin, qui par suite ne présente pas d'infériorité sur ce point. Jamais on n'a remarqué que les crampons des patins soient plus sujets à s'arracher que les attaches des coussinets.

Ainsi, à part la légère économie due au retournement, le rail à patin est supérieur au rail symétrique qui, lui-même, est supérieur au rail à deux champignons inégaux.

En ce qui concerne le mode d'attache du rail sur les traverses, il doit s'opposer au glissement du rail, rendre l'enlèvement d'un rail assez laborieux pour décourager la malveillance (ce qui n'est pas le cas des coussinets à coins), et assurer le contact du patin et de la traverse afin d'empêcher le claquement, destructeur pour le bois.

Deux modes d'attache sont en présence : les crampons et les vis à bois. Les crampons, à section rectangulaire, avec biseau normal aux fibres du bois, sont les meilleurs. Généralement, on les préfère aux vis à bois.

Aux joints, la tendance à l'arrachement des attaches et au claquement est beaucoup plus accusé, et on a reconnu presque partout la nécessité de constituer plus solidement les attaches des joints et de protéger le bois par l'interposition d'une plaque de fer, ou des coussinets rudimentaires formés de deux plaques de fonte indépendantes, ou même des coussinets complets.

Le rapprochement des traverses de joint suffit bien à assurer la résistance à la flexion, mais il ne supprime pas le ressaut ; on ne peut y arriver qu'en transformant la file des rails en une poutre continue, et il faut pour cela se servir d'éclisses ; les éclisses ont été appliquées en Allemagne pour la première fois en 1847, au chemin de Dusseldorf à Elberfeld. Les éclisses doivent être entretoisées avec des boulons : on a essayé de leur substituer des rivets, mais il a fallu y renoncer, car ceux-ci ne tardaient pas à se relâcher.

Serre-rails Barberot. — Parmi les moyens proposés pour la suppression des coussinets, M. Couche cite comme le plus remarquable le serre-rails Barberot, représenté par la figure 4, planche II.

Le champignon inférieur du rail pénètre dans une rainure ménagée dans la traverse pour le recevoir exactement ; de chaque côté, il est arc-bouté par deux contre-fiches en bois A et B, épousant à un bout le profil transversal du rail et s'appuyant à l'autre contre l'épaulement d'une forte entaille creusée dans la traverse.

Des vis à bois *f* traversent ces contre-fiches et maintiennent le serrage; il paraît que le contact du fer et du bois est assez parfait pour qu'il ne se produise ni claquements, ni usure; les contre-fiches, ayant leurs fibres dirigées dans le sens transversal de la voie, ne sont pas sensibles comme les coins aux variations atmosphériques; on peut rétablir le serrage au moyen des vis à bois, car les contre-fiches sont profilées en forme de coins.

On comprend que ce système doit réaliser une grosse économie. Cependant, l'expérience ne lui a pas été très-favorable, car les pièces de bois se fendent et se détériorent rapidement. Il est, du reste, inutile avec le rail à patin, et ne serait plus susceptible d'être utilisé que sur des chemins à faible vitesse avec rails à double champignon.

Rapport de M. Brame sur les expériences faites au chemin de fer du Nord (1860). — Les anciennes voies du Nord étaient composées avec des rails de 4^{m},50 de longueur, pesant 30 kilogrammes par mètre courant, à double champignon symétrique. Ces rails n'étaient pas en rapport avec le poids du matériel, on porta de quatre à cinq le nombre des traverses par rail; mais cela ne suffit pas et on renouvela la voie en rails de 6 mètres, pesant 37 kilogrammes, posés sur sept traverses et éclissés. On a employé le rail symétrique et le rail à patin.

1° *Rail symétrique.* — Les rails ont 6 mètres de long ou 5^{m},96 pour les parties courbes, ils pèsent 37 kilogrammes par mètre courant, leur hauteur est de 0^{m},134 et de 0^{m},102 entre les points correspondant à la grande largeur des champignons, qui est de 0^{m},062. A chaque bout, les rails sont percés de trous de 0^{m},023 de diamètre pour le passage des boulons d'éclisses.

Le coussinet en fonte pèse 8^{kg},800 ; les chevillettes ont la forme d'un tronc de pyramide octogonal, de 0^{m},148 de longueur et pèsent 0^{kg},350.

Les coins sont des prismes droits, en cœur de chêne sans aubier, sciés suivant le fil du bois et rabotés sur toutes leurs faces.

Les éclisses sont des bandes de fer méplates, percées de quatre trous de 20 millimètres de diamètre; les trous extrêmes sont à 0^{m},05 des bords, les suivants sont à 0^{m},10 des premiers, et l'intervalle du milieu est de 0^{m},15.

Les éclisses extérieures à rainures pèsent.	4^{k},500
— intérieures — —	4^{k},700

Le diamètre des boulons est de 0^{m},019 et chacun pèse 0^{k},427.

2° *Rail à patin.* — Dès 1854 on a commencé, sur la ligne du Nord, à substituer le rail à patin au rail symétrique.

Chaque rail est porté par deux traverses de joint et six traverses intermédiaires, divisant sa longueur en sept portées, savoir :

Deux portées de 0,75 entre les joints et les travaux adjoints. .	1^{m},50
Cinq portées de 0,90.	4^{m},50
Total égal à la longueur du rail. . . .	6^{m},00

Le rail a 0^{m},125 de hauteur totale, 0^{m},062 de largeur de champignon, 0^{m},105 de largeur de semelle sur 0^{m},010 d'épaisseur. Il est fixé sur chaque traverse par un crampon à section carrée de 0^{m},015 de côté et de 0^{m},13 de longueur, pesant 300 grammes.

« L'expérience, dit M. Brame, a fait reconnaître que les crampons ne peuvent généralement être arrachés des traverses qu'avec beaucoup de temps et des difficultés considérables; il en résulte alors de grandes pertes de temps et des

embarras de tous genres, chaque fois que les agents de l'entretien ont à remplacer un rail, soit par suite d'avarie, soit par tout autre motif.

« D'un autre côté, le crampon s'enfonçant à coups de masse se trouve parfois décapité par un coup donné en trop ou mal appliqué; et alors, non-seulement il ne remplit plus son but; mais il devient impossible de le retirer de la traverse.

« D'ailleurs, le rail, en s'appuyant dans l'entaille par le fait du passage des trains, prend du jeu sous le crampon; il est ensuite difficile de rétablir l'adhérence sans détacher la tête du crampon. »

On a pensé qu'on obvierait à ces inconvénients en substituant les tire-fonds aux crampons. Les tire-fonds taraudés sur $0^m,082$ de hauteur, ont $0^m,107$ de hauteur totale; une fois vissés dans la traverse, ils ne peuvent guère être arrachés par la pression latérale, et d'autre part ils sont faciles à enlever ou à serrer au moyen d'une clef.

En effet, partout où on a substitué le tire-fond ou vis à bois au crampon, on s'en est bien trouvé, et le système est à recommander; mais il faut avoir bien soin que les poseurs n'enfoncent pas la vis à coups de marteau; à cet effet, on ménage sur la tête du tire-fond une partie saillante qui doit rester intacte.

3° *Traverses Pouillet.* — Les traverses Pouillet, expérimentées d'abord en 1852, au chemin de ceinture, puis sur diverses lignes du réseau du Nord, sont formées de deux plateaux ou tables de pression (fig. 5 et 6, pl. II), placées à l'aplomb de chaque joint ou coussinet, et reliées par des membrures transversales à la voie; aux joints, il y a deux membrures.

On peut reprocher à ce système de voie d'être composé de pièces de petit échantillon, ne pouvant par suite avoir une longue durée, et d'exiger un grand nombre de pièces pour fixer le rail sur la traverse. Quoique ayant donné à l'origine de bons résultats, la traverse Pouillet n'a pas été maintenue.

Observations de M. Maniel sur les traverses Pouillet et les voies à rail Vignole. — Les traverses Pouillet ont l'avantage, dit M. Maniel, de présenter le maximum d'assiette, là précisément où la charge agit sur elles. Elles n'ont donc pas l'instabilité dont sont affectées les traverses ordinaires, surtout quand un cantonnier maladroit commet la faute de bourrer le ballast sous la traverse, vers le milieu de la voie.

Les traverses Pouillet ne peuvent être faites qu'en bois d'excellente qualité, mais elles permettent d'utiliser certains déchets. Sous ce rapport, on ne saurait songer à en faire un usage général, mais leur emploi limité peut procurer de notables avantages.

Ces traverses, ajoutait M. Maniel, sont composées de plusieurs pièces et présentent de grandes surfaces; on ne peut s'empêcher de craindre qu'elles ne soient exposées à une prompte détérioration par dislocation et pourriture.

C'est en effet ce qui arriva, et il fallut bientôt remplacer les traverses Pouillet, après que M. Maniel eut quitté le chemin du Nord pour passer aux chemins autrichiens.

En 1853, M. Maniel, envoyé en Allemagne par la Compagnie du Nord, avait été frappé de la simplicité relative et des avantages du rail Vignole, et, à son retour, il proposa d'appliquer en grand le nouveau système aux renouvellements de la voie.

Parlant des mouvements de translation des rails remarqués au chemin de fer du Nord, M. Maniel fait remarquer que le déplacement longitudinal des rails se produit toujours dans les voies à double champignon, notamment dans les parties

où la pente est dans le sens du mouvement : le système des calages avec coins rend les rectifications relativement faciles.

Mais le mal sera beaucoup plus grave dans une voie à rail Vignole affectée du même défaut; les agents, croyant à un serrage insuffisant des crampons, reviendront sans cesse les frapper au marteau et produiront la séparation des têtes : la tête une fois séparée, on ne peut plus retirer le crampon et il faut en enfoncer un autre à côté.

Il est indispensable de prévenir le déplacement longitudinal des rails à patin au moyen de plusieurs crampons engagés dans des encoches, et M. Maniel recommande de placer ces encoches vers le milieu du rail, pour que l'effet alternatif des dilatations et contractions vers chaque extrémité soit un minimum.

Il recommande encore l'emploi des plaques de fer qui, fixant invariablement la position des clous, en assurent l'engagement parfait dans les entailles du patin, et qui ont l'avantage de rendre les clous solidaires d'un côté à l'autre de chaque rail.

Enfin, il termine en indiquant les avantages que présente le rail à patin sur le rail à double champignon :

« 1° A poids égal, il est toujours possible de donner au rail Vignole une section telle qu'il présente au moins autant de résistance que le rail à double champignon et plus que le rail à champignon simple ; par conséquent le rail Vignole n'exige pas plus de traverses que le rail ordinaire.

« 2° La voie avec rail Vignole est plus simple de composition que la voie avec coussinets, même quand on emploie des plaques de joint et des plaques de milieu de rail. Elle se prête plus facilement à la consolidation des joints par éclissage.

« 3° Elle est plus économique d'établissement par cela même, et aussi parce qu'elle exige moins de ballast au-dessus du plan de pose des traverses, car l'épaisseur de la voie (traverses et rails), est moindre et on n'a pas ici de coins à protéger contre l'action du soleil (la réduction sur l'épaisseur est de $0^m,075$ environ).

« 4° La distance entre les clous extérieurs et l'axe du rail étant de $0^m,061$ avec le rail Vignole, et de $0^m,115$ avec le rail à champignon, on pourrait à la rigueur raccourcir, de la différence, les traverses à chaque extrémité et, si on ne le fait pas, les traverses, avec le rail Vignole, résistent mieux à la fente et sont mises moins vite hors de service par la pourriture des deux extrémités.

« 5° Les rails Vignole bien fixés n'ont pas de mouvement longitudinal, on n'a jamais à les régler ni à craindre de déviations pour trop grand serrage des joints.

« 6° On n'a pas à se préoccuper des renouvellements et du maintien en place des coins en bois, des ruptures des coussinets et de toutes les conséquences fâcheuses et même dangereuses qui peuvent en résulter, et cet avantage n'est compensé par aucun inconvénient du même ordre, car la voie avec rails Vignole a dans toutes ses parties une stabilité irréprochable.

« Tous ces avantages sont très-sérieux et il n'y a à leur opposer en faveur du rail à double champignon, que la possibilité de le retourner quand le premier champignon est mis hors de service. Nous avons usé nous-même largement de cette faculté et nous n'en contesterons pas l'importance. Essayons d'en donner la juste mesure.

« Il faut remarquer d'abord qu'il serait inexact de supposer qu'on retournât tous les rails. Quelques-uns présentent des avaries trop graves pour qu'on puisse

y songer ; d'autres, en raison du bon soudage et de la bonne qualité du fer, atteignent les limites de leur service sans qu'il ait été nécessaire de les retourner.

« Ainsi le retournement n'est jamais que partiel. D'autre part les rails que l'on retourne par usure normale ne peuvent pas, tant s'en faut, rester en service aussi longtemps après retournement qu'avant ; en général, le champignon usé par le roulement s'adapte imparfaitement au coussinet et la nouvelle surface de roulement présente aux anciens points de contact avec les coussinets des dépressions qui nuisent à la douceur du roulement. Double circonstance qui altère notablement la stabilité de la voie. Enfin les rails retournés sont à tout prendre plus sujets à casser que ceux qu'on n'a pas eu besoin de déplacer.

« Pour une étendue donnée de voie avec rails à double champignon, on peut donc dire que le retournement donne une prolongation de durée certaine, mais peu considérable en moyenne, si on la rapporte à toute la longueur de la voie considérée.

« L'avantage de pouvoir retourner les rails à double champignon ne compense pas, tant s'en faut, le surplus de frais d'établissement que l'emploi de ces rails exige. Il reste donc, en faveur des voies Vignole, une bonne partie de l'économie de premier établissement et tous les autres avantages que nous avons signalés plus haut, avantages qui se traduisent en fin de compte par une réduction des dépenses d'entretien et une augmentation de sécurité. On ne saurait donc hésiter à donner la préférence à ce système de voie. »

Dans une note publiée en 1862, pour répondre à quelques affirmations de M. Maniel, M. Couche, ingénieur des ponts et chaussées, et son successeur au chemin de fer du Nord, expose qu'il a adopté, sauf quelques modifications, le profil de rail étudié par M. Maniel, qu'après s'être servi du crampon il l'a abandonné pour lui substituer le tire-fond, enfin qu'il a supprimé la plaque de joint.

L'expérience a montré que le glisssement se produisait d'une manière accusée dans les pentes et les courbes ; il est donc nécessaire de maintenir le rail par des encoches.

L'inutilité absolue des plaques de joint a été révélée par l'expérience ; elles rendraient des services seulement dans le cas d'un éclissage défectueux, mais, si le profil du rail est bien éclissable et s'il présente des portées planes suffisantes pour permettre un bon serrage, les plaques de joint ne servent à rien.

Congrès des Ingénieurs d'Allemagne en 1868. — Voici quelques-unes des résolutions prises par le congrès des Ingénieurs d'Allemagne en 1868 :

On est généralement d'accord pour recommander d'employer des rails de $6^m,50$ à 7 mètres de longueur.

Sur les moyens d'arrêter le déplacement des rails les avis sont partagés. Les administrations qui emploient les crampons d'arrêt engagés dans le patin du rail, déclarent que tout autre système d'arrêt serait plus coûteux ou moins efficace ; celles qui condamnent les crampons d'arrêt et qui, pour ce motif, les ont déjà remplacés par d'autres moyens, déclarent que tous les essais tentés jusqu'à présent pour s'opposer ou déplacement des rails ont échoué.

Au sujet des moyens employés pour empêcher le desserrage des boulons d'éclisses, les meilleurs résultats sont donnés par un profil de rail qui permet d'appliquer l'éclisse sous un angle aigu sur le patin et sur le champignon, et par de gros boulons; les écrous bien ajustés doivent avoir au moins 12 ou 13 filets.

L'emploi du joint en porte à faux diminue beaucoup la fréquence du desserrage des boulons d'éclisses.

La pose des voies avec joints en porte à faux, sans traverses de joint, peut être recommandée d'une manière particulière.

Dans la construction on aura égard aux conditions suivantes :

A. La forme des rails, des éclisses et des boulons doit être parfaitement résistante et permettre un éclissage énergique.

B. En ligne droite il suffit de deux crampons pour chaque rail sur les traverses voisines du joint.

Dans les courbes de petit rayon, il est bon de placer des selles en fer entre le rail et la traverse, au voisinage du joint.

Le nombre de ces selles dépend de la nature des traverses en bois de chêne ou en bois de pin.

C. Les crampons d'arrêt paraissent désirables pour empêcher le déplacement des rails ; on pourrait peut-être s'en passer sur les chemins de fer à une voie.

Pour empêcher le déplacement transversal de la voie dans les courbes de petit rayon, on recommande comme moyens efficaces :

1° Un ballast bien sec, perméable, composé de matériaux anguleux ;

2° L'augmentation du nombre de selles sur les traverses dans les courbes ;

3° L'emploi des traverses en bois dur ;

4° Une surélévation bien proportionnée de la file de rails extérieurs ;

5° L'emploi de courbures paraboliques à l'entrée des courbes ;

6° Et enfin la courbure des rails avant la pose[1].

On ne saurait recommander les autres moyens, tels que de larges banquettes extérieures, des pieux de butée, des clous plus forts et plus nombreux, ou des tringles d'écartement entre les rails.

Mémoire de M. Weber, directeur des chemins de fer à Dresde. — Dans les *Annales des ponts et chaussées de* 1870, M. l'ingénieur Michel a rendu compte d'un mémoire de M. Weber, directeur des chemins de fer de l'Etat à Dresde, sur la stabilité de la voie.

On trouve dans ce compte rendu beaucoup de détails intéressants ; nous en citerons quelques-uns :

La meilleure voie, suivant M. Weber, est la voie en rails Vignole, pesant 36 kilogrammes par mètre courant, posés sur traverses espacées de $0^m,80$ à 1 mètre. Une selle ou plaque de fer est placée entre le rail et la traverse : le rail est fixé à l'aide de chevillettes de forme prismatique. Enfin le joint en porte à faux est maintenu à l'aide d'éclisses de $0^m,45$ à $0^m,50$ de longueur assujetties par quatre boulons.

A poids égal, la résistance à la rupture d'un rail à patin est plus considérable que celle d'un rail à double champignon. Pour résister à la flexion, il est avantageux d'éloigner le métal le plus possible de l'axe neutre, c'est un avantage du rail à patin.

Il ne faut pas aller trop loin dans l'élargissement et l'amincissement du patin, parce que, lors de la flexion, il se produit des courbures latérales du patin.

D'après les expériences de Weishaupt, de Malberg et de Weber, on peut réduire l'épaisseur de la tige des rails ; une épaisseur de 12 millimètres serait suffisante. On n'a jusqu'à présent aucun exemple de renversement des rails ou de rupture de la tige sous l'influence des pressions latérales.

[1] On sait qu'il y a un procédé simple de donner aux rails une certaine courbure ; il suffit de les laisser tomber d'une certaine hauteur sur deux supports convenablement espacés. On arrive vite par l'expérience à déterminer la hauteur de chute qui convient à la courbure cherchée.

M. Wohler a comparé les rails d'acier aux rails de fer. Il a montré que l'écartement des points d'appui peut être dans le rapport de 4 à 3 ; que l'usure est dans le rapport de 3 à 8 ; enfin que le nombre de chocs qui amènent la rupture est dans le rapport de 7 à 1.

Ces chiffres donnent une idée de la supériorité des rails en acier sur les rails en fer. Les rails trempés résistent d'une manière remarquable aux coups répétés qui détruisent ordinairement les extrémités des rails en fer. Il serait donc bon de tremper les bouts des rails en acier.

En 1834, Barlow ayant fait remarquer que les parties des rails voisines des joints fléchissaient beaucoup plus que les autres, on s'efforça pendant longtemps d'améliorer le support des joints. Mais le vrai remède au mal, c'était d'établir la solidarité entre les extrémités des rails, de les réunir par des moises ou éclisses.

En 1853, on reconnut par l'expérience que des éclisses à 3 boulons de 15 pouces de long, pesant 11 livres, étaient beaucoup plus faibles que des éclisses à 4 boulons de même longueur, pesant 13 livres.

L'éclisse en acier a une fois et demie la résistance de l'éclisse en fer. Mais la jonction formée par les éclisses est dans tous les cas plus faible que le rail, puisqu'elles se déforment sous une charge qui est, pour le fer le quart, et pour l'acier les deux cinquièmes de celle qui amène la déformation du rail.

Le calcul théorique de la résistance montre que : l'écartement à donner aux traverses supportant un rail de 5^{m},50 de longueur, avec joint en porte-à-faux, pour obtenir la même flexion entre tous les appuis, est de 0^{m},61 pour les traverses de joints et 0^{m},976 pour les traverses intermédiaires.

L'expérience confirme ces résultats, et il convient de prendre pour les écartements des traverses 0^{m},60 et 1^{m},00.

Une pression latérale d'environ 2 tonnes suffit pour faire glisser sur le sol la voie non chargée, et la force centrifuge dépasse souvent cette valeur. Le frottement sur le ballast est peu considérable et le prisme qui est à l'extrémité des traverses se soulève et cède facilement. Mais, lorsque la voie est chargée, la résistance due au frottement devient plus considérable. Il est inutile de buter les traverses par des pieux en bois ou des blocs de pierre, car ces obstacles ne reviennent pas à leur place après que la force qui les poussait a cessé d'agir. La pratique la plus efficace pour s'opposer au déplacement latéral dans des courbes d'un rayon inférieur à 500 mètres, c'est de courber les rails avant la pose.

Une traverse neuve de pin se comprime de 1 millimètre sous une charge de 5^{kg},6 par centimètre carré, et, pour une traverse ancienne, une charge de 4 kilog. suffit à produire la même compression. La compressibilité des traverses en bois de pin force à en augmenter le nombre, et encore ne remédie-t-on pas complètement au mal. La résistance des bois de pin n'est pas suffisante pour s'opposer à l'impression du patin du rail dans la traverse.

Après plusieurs années de service, le bois a perdu beaucoup de sa résistance. La compression des traverses sous le passage d'un train est bien plus forte avec le pin qu'avec le chêne.

Donc, il convient d'employer des traverses de bois dur et de donner au rail assez de roideur pour répartir les pressions sur plusieurs supports à la fois.

L'expérience prouve que la résistance des crampons est toujours insuffisante pour s'opposer aux actions susceptibles d'amener la dépression de la traverse sous le patin ; pour arracher un crampon d'une traverse en chêne, il faut un effort deux fois plus grand que pour l'arracher d'une traverse en pin.

L'emploi des selles en fer sous le rail Vignole doit être recommandé parce

qu'il réduit de moitié la tendance à l'écartement sous une pression donnée.

De ce qui précède, il résulte que la voie non chargée ne présente pas une résistance suffisante à la déformation; or il peut arriver que, par le jeu des ressorts et des oscillations, une roue d'un véhicule soit presque complétement déchargée, tout en exerçant une pression latérale considérable, et c'est là un phénomène qu'il faut sérieusement redouter.

Sous le passage d'une locomotive, une voie en bon état fléchit de cinq à six millimètres, savoir :

Enfoncement de la traverse dans le ballast. . .	1mm,3
Compression de la traverse sous le rail.	3mm,2
Flexion du rail.	1mm,3
Total.	5mm,8

On conçoit qu'une pareille flexion absorbe à chaque instant un travail considérable et augmente beaucoup les frais de traction.

Nous empruntons littéralement à M. Michel les conclusions du travail de M. Weber :

« Depuis plus d'une génération d'hommes, la voie des chemins de fer est construite avec une flexibilité telle que chaque roue en passant y produit une sorte d'ondulation. Chaque oscillation des véhicules la déforme, et la stabilité de l'ensemble est tellement insuffisante, en comparaison des efforts qui lui sont imposés, que ces actions vont jusqu'aux limites extrêmes de la résistance. Elles détruiraient même infailliblement la voie, si la charge des wagons ne venait à temps rétablir l'équilibre, par suite du frottement auquel elle donne naissance. Mais que le frottement n'agisse pas au temps voulu, et la sécurité de l'exploitation, qui est basée sur la stabilité de la voie, s'évanouit.

« Si l'on compare les renseignements provenant de la variation de la charge des essieux avec les conditions connues de la stabilité des éléments de la voie, on a le sentiment d'un danger toujours imminent auquel on ne peut parer que de deux manières, savoir :

« Ou bien par un système de construction qui assure la roideur et la durée de la voie ;

« Ou par l'emploi d'un matériel roulant qui rende impossible ou du moins qui diminue les variations de la charge des essieux.

« Le système de la voie Hartwich répond à la première condition. Sa grande roideur verticale s'oppose à la flexion. Le patin du rail reposant directement et d'une manière continue sur le ballast, assure le maintien de la voie en place. Enfin la continuité du support rend pour ainsi dire la pression uniforme dans toute l'étendue du passage d'un véhicule, que la voie soit ou non déchargée en un point.

« La seconde condition sera satisfaite en employant les locomotives et les véhicules à quatre roues. Avec ce système, il est presque impossible que le chargement d'une roue soit réduit de manière à diminuer le frottement du rail sur la traverse d'une manière inquiétante pour la stabilité de la voie. »

Conclusions : Supériorité du rail à patin. De ce qui précède résulte clairement la supériorité du rail à patin sur le rail à double champignon. Celui-ci a surtout pour lui l'économie résultant du retournement, mais nous avons vu que cette opération devait être pratiquée avec prudence et ne donnait pas les résultats qu'on en pouvait attendre. Le rail à patin est à poids égal plus résistant

que son rival, il a une résistance transversale bien suffisante, se prête mieux à l'éclissage, a plus de roideur transversale, s'oppose mieux aux actes de malveillance car il ne peut être enlevé qu'après un certain travail et à l'aide de quelques outils, cependant l'enlèvement n'offre pas de difficultés sérieuses pour l'entretien lorsqu'on se sert de tire-fonds et non de crampons; le rail à patin ne pénètre pas plus les traverses que ne le fait le coussinet, cependant dans les traverses en bois tendre, il demande l'adjonction de plaques de joints; en rendant inutiles les coussinets et les coins, le rail à patin réalise une économie de 4000 à 7000 fr. par kilomètre de voie à construire. La plus grande somme d'avantages est donc du côté du rail à patin.

Cependant, plusieurs ingénieurs maintiennent leurs préférences pour le rail symétrique, auquel ils accordent plus de stabilité et plus de durée. En ce qui touche notamment les rails en acier, la forme à double champignon, permettant le retournement, serait sans doute avantageuse à conserver.

VOIES SUR LONGRINES.

La voie sur longrines est la plus ancienne, puisqu'elle a pris naissance avec les rails en bois, ou madriers posés à plat sous les roues des véhicules.

Lorsqu'on s'aperçut que la surface des madriers s'usait rapidement, on eut l'idée de la protéger par une feuille de fer, dont le rôle était de résister au frottement tandis que l'élasticité seule du bois se trouvait en jeu pour résister à la flexion. Le rail mixte était créé, et il devait venir à l'idée des constructeurs d'utiliser à la fois pour résister à la flexion le bois et le fer.

Ainsi la longrine a pour effet de renforcer le rail en le transformant en une sorte de poutre armée; mais ce système présente l'inconvénient de toutes les poutres armées, l'élasticité du bois n'est pas égale à l'élasticité du fer; lorsque le fer fléchit de manière à prendre une tension convenable, sa flexion n'est pas celle qui convient à un bon travail des fibres du bois.

La matière est donc mal utilisée; elle l'est d'autant plus qu'il est impossible d'établir et surtout de maintenir la liaison entre le bois et le fer; les différences de dilatation notamment donnent du jeu aux vis et aux crampons, la solidarité disparaît, et il faut adopter un rail aussi pesant avec des longrines qu'avec des traverses.

L'avantage des longrines est d'exiger moins de bois; en effet, une traverse de 2m,50 correspond à 0m,90 de voie, tandis que deux longrines de chacune 1 mètre correspondent à 1m,00 de voie. Mais cet avantage n'est qu'apparent, car 1° les longrines doivent être parfaitement équarries et de largeur régulière, afin de présenter assez d'espace pour les attaches; 2° le déplacement des charges roulantes fait basculer les longrines dans le sens longitudinal, elles ne tardent pas à refouler le ballast et exigent un entretien coûteux; pour remédier à cet inconvénient, il faut donc poser les longrines sur des traverses; 3° les traverses sont nécessaires à un autre point de vue : les longrines seules ne présentent pas une résistance suffisante aux efforts transversaux qui résultent de la pression des mentonnets ou de la circulation en courbe : il faut les entretoiser et la manière la plus simple de le faire c'est de les poser sur traverses.

Ces notions générales vont s'éclaircir par les exemples suivants :

Voies sur longrines en Hollande. Vers 1840, bien que les canaux de la

Hollande, sillonnés par des galiotes, parcourant 6 kilomètres à l'heure, fussent pour ce pays des voies de communication naturelles et commodes, les chemins de fer commencèrent à s'y développer.

La voie de la ligne d'Amsterdam à Harlem est représentée par les figures 9 à 11 de la planche II; sa largeur, d'axe en axe des rails, est de 2 mètres, et on s'est proposé surtout de répartir les pressions sur une plus grande surface d'un terrain marécageux et sans consistance.

Les rails en ∩ sont fixés aux longrines par des vis de 0^m,17 de hauteur sur 0^m,015 de diamètre, espacées de 0^m,82; aux abouts de chaque rail on trouve deux grands boulons qui traversent de part en part la longrine en sapin et qui la serrent en dessous par un fort écrou.

On reconnaissait bien déjà la nécessité d'encastrer les bouts des rails afin de maintenir une correspondance exacte entre les rails successifs et d'éviter des chocs funestes à la voie comme au matériel.

Les figures 10 et 11 montrent comment deux rails successifs sont assemblés au moyen d'un crampon engagé dans leur cavité et fixé à la longrine par deux crossettes barbelées; ce crampon s'oppose à tout mouvement transversal du rail.

Le rail, de la forme préconisée par Brunel, pèse 30 kilogrammes au mètre courant; et la voie simple coûtait en 1840 près de 40 francs le mètre courant.

Voies du chemin de fer d'Auteuil. Le chemin de fer d'Auteuil, aujourd'hui incorporé au chemin de fer de Ceinture, fut construit en 1854 avec des rails Brunel, placés sur des longrines en sapin qui reposent elles-mêmes sur des traverses destinées à maintenir l'écartement.

« Les avantages du système, disait à cette époque M. l'ingénieur Leclerc, sont sa stabilité, la douceur de sa circulation et son heureuse influence sur la conservation du matériel. Le rail Brunel n'a pas, comme le rail à double champignon, les inconvénients de la mobilité des joints et d'une inégale résistance sur le sol. Enfin, la voie Brunel a été considérée comme plus économique. Les frais de son établissement sont moindres que ceux de la voie ordinaire, quand on y ajoute les éclisses qui paraissent indispensables à beaucoup d'ingénieurs. L'entretien de la voie Brunel est d'ailleurs moins considérable que celui de la voie ordinaire.

« On objecte que la voie sur longrines entraîne l'emploi du sapin, dont la durée est moindre que celle des traverses en chêne. Les moyens de conservation des bois atténuent fortement cette objection.

« On reproche encore à la voie Brunel la difficulté du remplacement des longrines. On a prévu cet inconvénient et on l'a évité au chemin de fer d'Auteuil, par l'addition d'une traverse sous les raccords des longrines et par la suppression des assemblages. Les longrines sont posées bout à bout et simplement fixées aux traverses par des boulons. »

Les figures 1, 2, 3, de la planche V représentent la voie du chemin de fer d'Auteuil.

Le rail est fixé sur la longrine au moyen de taquets en fonte, qui embrassent la base du rail et qui sont attachés à la longrine par des vis à bois. On a évité ainsi d'affaiblir le rail par des trous de boulons. Ces taquets ou crampons sont distants de 0^m,50, en alternant de chaque côté du rail.

Les rails sont reliés les uns aux autres, à leurs extrémités, par des plaques de fer fixées par quatre rivets à chaque rail : ils pèsent 31 kilogrammes au mètre courant.

L'écartement des longrines est maintenu par des traverses espacées de 2^m,40

en moyenne, et fixées par deux boulons de 15 millimètres de diamètre et de 0m,32 de longueur.

Les longrines ont une longueur variant de 6 à 12 mètres avec un équarrissage de 15 sur 30 ; les traverses ont le même équarrisage avec une longueur de 2m,20.

On a cru devoir, dans les courbes, consolider la voie par des tringles en fer plat de 0m,01 d'épaisseur et de 0m,06 de largeur, pesant 7 kilogrammes, et espacées de 2 à 3 mètres.

Le prix de revient du mètre courant de la voie a été de 37f,15, laquelle somme se décompose comme il suit :

Fournitures et matériaux.	29f,19
Main-d'œuvre aux ateliers.	1f,65
Main-d'œuvre sur le chantier de pose.	3f,11
Ballastage	3f,20
Total égal.	37f,15

Du rail Brunel. — La voie sur longrines, qui a pour ainsi dire disparu en France où elle avait reçu d'abord une sérieuse application sur la ligne de Bordeaux à Bayonne, est intimement liée au rail Brunel, ou rail en ∩.

Ce rail a un avantage, c'est que le poids des véhicules qu'il supporte ne se trouve jamais en porte-à-faux, ce qui arrive presque toujours avec le rail à champignon ; l'inclinaison du rail sur la verticale, le jeu de la conicité, l'usure irrégulière des bandages font que le roulement a lieu fréquemment sur les parties latérales du champignon, c'est-à-dire en porte-à-faux. Il est vrai que, dans une voie solide, il n'y a pas grand inconvénient à cela ; cependant les rails peu résistants ne tardent pas à s'écraser et à se déformer sur les bords. Avec le rail Brunel, jamais le porte-à-faux ne se produit.

Mais le rail en ∩, ayant même hauteur, même poids et même moment d'inertie qu'un rail à champignon, a nécessairement son âme dédoublée beaucoup plns mince, et il tend à s'ouvrir, c'est-à-dire à s'aplatir ; pour combattre cette tendance, les traverses ne suffisent plus et le support continu ou longrine est nécessaire, avec tous les moyens de consolidation qu'il entraîne.

Il est vrai que le support continu permet de réduire le poids du rail ; mais c'est là un avantage plus théorique que pratique, car la longrine suit toujours les mouvements de compression du ballast et la régularité de la résistance est impossible à obtenir. Les joints du rail Brunel, qu'on ne peut éclisser, déterminent aussi une cause sérieuse d'infériorité, car l'éclissage est indispensable sur les voies actuelles.

Le rail Brunel présente une plus grande résistance que le rail à champignon au renversement, car il possède une base plus large ; mais cet excès de résistance est inutile et celle qu'on obtient, soit avec le coussinet, soit avec le rail à patin est bien suffisante. En revanche, l'accroissement de largeur de la base constitue un grave inconvénient pour les supports continus ; la largeur de ceux-ci augmente d'autant plus qu'il faut réserver un espace suffisant entre les vis ou crampons et les arêtes des longrines.

Le rail Brunel, pour résister à la pression aussi bien que le rail à champignon, doit présenter dans l'ensemble de ses deux branches verticales une épaisseur supérieure à celle de l'âme unique du rail à champignon, sans quoi il s'écraserait ; ou bien, on est forcé de réduire la hauteur, ce qu'on fait d'ordinaire et ce qui entraîne une grande diminution de résistance.

Résumé sur les voies à longrines. — En résumé, les voies à longrines, qui paraissent une solution naturelle et favorable à la résistance, exigent des rails presque aussi forts que les voies à traverses ; l'emploi des longrines ne dispense pas des traverses si l'on veut maintenir l'écartement de la voie et lui donner une rigidité suffisante ; il y a donc plutôt augmentation qu'économie dans le prix de premier établissement. Avec les longrines, une rupture de rail n'est pas dangereuse, mais les voies sur longrines présentent une grande instabilité ; elles sont donc coûteuses d'entretien et défectueuses au point de vue de la sécurité ; c'est leur plus grave défaut, et c'est lui surtout qui les a fait rejeter.

Après avoir été adoptée primitivement en Amérique et en Allemagne, où l'on rencontre facilement des pièces de bois de gros équarrissage, la voie sur longrines est tombée en défaveur même dans ces deux pays.

Elle a été employée au Sömmering sous une forme particulière : les rails reposent sur des traverses et celles-ci sont fixées à deux cours de longrines. On sait qu'au Sömmering les pentes sont considérables, et la disposition précédente a pour but de s'opposer à l'entraînement de la voie dans le sens de la pente. Sur la voie montante, les machines motrices très-pesantes transmettent aux rails un effort considérable en sens inverse du mouvement, elles tendent donc à rejeter en arrière du mouvement les rails et leurs supports ; sur la voie descendante, le moteur ne fonctionne plus, c'est au contraire le frein qui agit, tous les véhicules transmettent aux rails une pression dans le sens du mouvement et cette pression déplace les rails et leurs supports dans le sens de la pente. L'adjonction des longrines avait donc dans ce cas des raisons d'être sérieuses et ne prête guère à la critique.

VOIES MÉTALLIQUES.

Utilité des voies métalliques. Leur classification. — Dans les rapports du jury international à l'Exposition universelle de 1867, nous trouvons celui de MM. Flachat et de Goldschmidt, qui renferme beaucoup de remarques intéressantes sur la voie et le matériel fixe de la voie. Le but qu'on se propose en adoptant les voies métalliques y est clairement indiqué ; aussi croyons-nous devoir emprunter à ce rapport les lignes suivantes :

« Les recherches les plus étendues sur la durée générale des rails et des traverses ont été faites en Allemagne. On s'accorde à donner aux rails, en pays plat, une durée de dix à vingt-cinq ans, moyenne de seize ans. En France, les termes extrêmes sont plus distants. D'excellents rails sont altérés en trois années de service sur des lignes très-fatiguées. Les ingénieurs allemands attribuent huit à douze ans de durée aux rails en pays de montagne. Ils ont l'expérience du Sömmering. Quant aux traverses, ils donnent au chêne naturel quatorze à seize ans de durée ; au chêne préparé, vingt à vingt-cinq ans ; au sapin préparé, douze à quatorze ans ; au pin et au hêtre préparés, neuf à dix ans. Ces moyennes n'ont qu'une valeur approximative, et, par conséquent, une faible influence sur le parti à prendre pour la composition de la voie. L'ingénieur se guide d'après les ressources que les forêts et les usines mettent à sa portée. Mais ce qui appelle d'urgence l'attention, c'est que le défaut d'une voie ne se montre pas instantanément par l'altération des matériaux qui la composent. Cette altération n'est pas simultanée pour ses divers éléments : elle est progressive, et la conséquence, qui est la mobilité de la voie, se montre dès que commence la période

d'altération soit du rail, soit de la traverse indistinctement. A partir de ce moment, l'action réciproque des causes de mobilité donne au mal une marche de plus en plus rapide. De là l'impossibilité d'aller pour chacun des éléments de la voie, jusqu'à la limite d'altération et d'usage. Il faut alors procéder par voie de renouvellements complets dans lesquels aucun des anciens matériaux ne peut trouver emploi. Cela explique les efforts que font les ingénieurs pour obtenir une voie homogène dans sa composition et sa durée, c'est-à-dire dont les éléments soient inaltérables dans certaines parties, telles que celles qui constituent la base d'appui sur le sol, afin que celles-ci puissent recevoir indéfiniment les rails dont l'usure ne peut être évitée absolument. Cette voie toujours homogène, toujours rigide, gardera ces deux conditions : un rail vieux exigera son remplacement par un rail neuf, sans que le mal s'étende au delà. La seule cause de perturbation dans la marche des trains sera l'usure de la table de roulement du rail, et cet inconvénient est au moins sans danger. Tel est le but des ingénieurs qui étudient cette question. Il faut donc en suivre les progrès avec l'attention que méritent les premiers spécimens de traverses métalliques apportés à l'Exposition de 1867.

A côté des circonstances qui encouragent les applications des traverses métalliques, il faut reconnaître que la cherté du fer d'un côté, de l'autre l'obligation d'étendre les surfaces d'appui de la voie, à mesure que le matériel roulant s'alourdit, l'intérêt d'enraciner aussi profondément que possible la base des traverses dans le ballast, sont des obstacles qui ont, jusqu'à ce jour, laissé le caractère de simples essais aux tentatives de substituer les traverses métalliques aux traverses en bois.

Il en est des traverses métalliques comme des rails en acier. Le prix est un élément de premier ordre. On recule à charger le présent d'une forte dépense, dans l'intérêt d'une durée qui, pour être plus longue, est cependant indéterminée ; et s'il se joint à cette objection quelques autres éléments d'incertitude, on préfère attendre. Mais, en attendant, les essais se multiplient, l'invention se perfectionne, et l'expérience dégage peu à peu les bonnes solutions. C'est pour cela que les spécimens de voie métallique exposés, et qui subissent en ce moment des essais assez étendus, sont intéressants à connaître.

Ils se partagent en trois classes : 1° les voies métalliques à supports isolés ; 2° les voies à traverses métalliques ; 3° les voies à supports métalliques longitudinaux. »

1° Voies métalliques à supports isolés. — Les voies métalliques à supports isolés sont les plus anciennes ; on les trouve en Angleterre dès 1850, où elles sont établies pour remplacer les dés en pierre ou en bois.

M. Samuel proposa d'abord de supporter les rails par des plateaux-coussinets en fonte de $0^m,90$ sur $0^m,35$ de large, présentant sur leur face inférieure des nervures verticales destinées à fixer, à accrocher le plateau dans le ballast. M. Hoby de Glascow prit ensuite un brevet pour des supports en U, enfouis dans le ballast et réunis par des entretoises en fer.

Mais, le système de supports isolés qui a été le plus favorablement accueilli, c'est la cloche ou pot de Greave, figure 11, planche I ; ces supports sont disposés en forme de cloche hémisphérique et portent à la partie supérieure un coussinet venu de fonte, dans lequel le rail est assujetti au moyen d'un coin en bois comprimé, combiné avec un système de cales en fer ; la joue intérieure du coussinet de joint a $0^m,406$ de long et la joue extérieure sur laquelle s'applique le coin $0^m,152$. La table, qui surmonte la cloche et qui porte les joues du

coussinet, est percée d'un trou, par lequel on introduit du sable, que l'on refoule avec la tête d'une pince en fer, de manière à relever le support à son niveau normal, sans avoir besoin de fouiller le ballast, qui de la sorte conserve toute sa rigidité.

On conçoit que le support Greave, bien encastré dans le ballast, ne doit pas se déplacer facilement et est susceptible de donner une voie solide; l'expérience lui a été favorable. Dans les Indes et sur le chemin de fer d'Alexandrie à Suez, les traverses en bois ne pouvaient être adoptées, car elles se détruisent en quelques mois sous l'influence d'un climat chaud et humide; la cloche de Greave a rendu là de sérieux services. Il en est de même au Brésil, dans la République Argentine. Mais ce genre de support exige un ballast spécial, de sable fin constant, comme celui des alluvions du Nil.

Au nombre des supports isolés, il faut citer encore :

Les plateaux-coussinets en fonte essayés, en 1847, sur le chemin de fer de Versailles (rive gauche); c'étaient des plateaux en fonte, reliés par des tringles en fer allant d'une file de rails à l'autre : ils donnèrent une voie facilement déformable et on y renonça;

Les plateaux cellulaires en fonte de M. Richardson, présentés à l'Exposition de 1867; ils s'accrochent bien dans le ballast, mais le bourrage n'en paraît pas facile;

Les supports de M. P. Barlow, qui ont reçu, en Angleterre, des applications étendues et qui sont représentés par la figure 4, planche V. Il y a des supports de joints et des supports intermédiaires; chaque support est composé de deux parties réunies par des boulons et portant des oreilles semblables à la joue intérieure des coussinets ordinaires, entre lesquelles les rails se trouvent serrés comme entre les mâchoires d'un étau; la longueur des supports de joint est de 1^{m},30 et celle des supports intermédiaires de 0^{m},99. On peut évaluer à trente années la durée de ces supports.

2° Voies sur traverses métalliques. — Divers systèmes ont été proposés :

1° *Traverse de Couillet (Belgique)*. — La traverse de l'usine de Couillet se compose d'un fer double T posé horizontalement sur le ballast, occupant une largeur de 0^{m},18; la hauteur totale des ailes placées verticalement est de 0^{m},06. Entre les deux ailes, on loge, sous les rails, des fourrures en bois de chêne qui reçoivent soit le patin du rail Vignole, soit le coussinet du rail symétrique.

Ces traverses pèsent 45 kilogrammes; elles coûtent 7 francs 20 et 8 francs avec les fourrures en bois. Elles ont été essayées sur une rampe assez forte, parcourue, il est vrai, à faible vitesse, et ont fourni, depuis plusieurs années, un bon service. Sur une voie fatiguée, on ne sait quel résultat elles donneraient; on leur reproche de manquer d'arrêt de ripage et d'être trop lourdes, eu égard à la surface, sur laquelle elles répartissent les pressions.

La traverse Desbrières est analogue à la précédente.

2° *Traverse à profil polygonal* — En France, on a préféré les traverses à profil polygonal ou curviligne, figures 12 et 13, planche I; elles sont comme les précédentes, en fer laminé, et supportent le rail par des selles fixées sur la face horizontale supérieure de la traverse.

La traverse de Fraisans, système de Vautherin, a été essayée sur les chemins de fer de Lyon, du Nord et de l'Est; sa largeur, 0^{m},26, et sa longueur, 2^{m},40, lui donnent une surface d'appui supérieur à celle des traverses en bois de 0^{m},22 sur 2^{m},75. La rigidité peut être égale ou supérieure, c'est une question de forme et d'épaisseur de métal et la traverse peut être enracinée plus profondément dans le ballast.

La traverse métallique de Lyon pèse 35 kilogrammes et 40 kilogrammes avec les selles.

« L'annuité du renouvellement des traverses en fer, disent MM. Flachat et de Goldschmidt, serait beaucoup moindre que celle des traverses en bois, et l'altération du fer étant presque nulle, la voie garderait toute sa rigidité. Les traverses altérées pourraient être refaçonnées comme les vieux rails. Ces divers avantages font désirer que les essais soient étendus aux lignes de plus grand trafic, afin d'abréger la période d'expérience. »

Les expériences prolongées de la Compagnie de l'Est ont fait reconnaître que les traverses de fer présentaient partout autant de stabilité que les traverses en bois. « Il faut, il est vrai, dit M. Couche, un ballast approprié; il doit être formé d'un gravier contenant un peu d'argile qui lui donne du liant. Le bourrage, fait avec la pioche ordinaire, forme bientôt alors un noyau qui remplit le creux de la traverse, reçoit et transmet la pression, fait corps avec le métal et supplée ainsi au défaut de masse de la traverse. La défiance qu'inspire au premier abord la légèreté de ces supports, ne paraît donc pas fondée avec un ballast convenable. Mais peut-être l'objection subsiste-t-elle avec toute sa gravité, lorsqu'on n'a à sa disposition que de la pierre cassée.

Citons encore la traverse en fer à simple T de M. Steinmann, ingénieur aux chemins autrichiens, traverse d'un poids éxagéré et d'un bourrage difficile.

3° **Voies à supports métalliques longitudinaux.** — Il existe divers systèmes de ce genre de voies, qui comprend ceux dans lesquels le rail a une section suffisante pour s'appuyer directement sur le ballast sans support intermédiaire.

Rail Barlow. — M. W. Barlow, ingénieur anglais, a imaginé, dit M. Lechatelier dans son rapport, publié en 1852, sur les chemins de fer d'Angleterre, une solution radicale pour remédier aux défauts des supports; il a pensé qu'en adoptant le rail en Ω de Brunel, et en augmentant son poids pour élargir sa base, on arriverait à le poser directement sur le ballast, sans employer l'intermédiaire de longrines.

La forme du rail Barlow est indiquée sur la figure 5, planche V : sa largeur à la base est d'environ $0^m,30$ et sa hauteur de $0^m,13$, et son poids varie de 40 à 54 kilogrammes, suivant le trafic des lignes. Les barres ont environ 6 mètres de longueur et sont assemblées bout à bout par une selle en fer laminé, épousant intérieurement la forme du rail et fixée par quatre rivets sur chaque bout de rail : deux de ces rivets prennent une entretoise en fer d'angle destinée à maintenir l'écartement de la voie; cette entretoise est légèrement infléchie à chaque extrémité pour fixer l'inclinaison des rails.

M. Barlow estime à 50 pour 100 l'économie qu'on réalise sur les frais d'entretien, avec son rail qui donne une voie simple, stable, à joints fixes. Tous les 100 mètres seulement, on ovalise les trous des rivets, afin de ménager un certain jeu à la dilatation; mais les effets de la dilatation sont peu considérables, car le rail est presque entièrement enfoui dans le ballast.

Les variations de température, assez considérables dans le midi de la France, n'ont entraîné aucun inconvénient sur la ligne de Bordeaux à Cette, construite avec des rails Barlow.

Cette ligne offrait une voie douce et stable, facile à entretenir; le ballast en gravier ne tardait pas à se tasser à l'intérieur du rail et à former comme un massif de béton, donnant à la voie beaucoup de fixité et de rigidité.

Malgré tous ses avantages, le rail Barlow a été bien vite abandonné en France

comme en Angleterre, parce que sa surface de roulement se détériorait avec une excessive rapidité.

M. Couche a donné la raison de ce fait, raison analogue à celle qui s'oppose à la fabrication des fers à double T, à larges ailes, et que nous avons déjà signalée; par la largeur de sa base, le rail Barlow exige à la surface des laminoirs, des cannelures profondes; la vitesse d'entraînement des diverses parties de la section varie donc dans d'assez fortes limites, et il en résulte des grippements; on n'évite les déchirures qu'en ayant recours à un métal nerveux et ductile, c'est-à-dire mou. Le fer à grains ne peut être employé, et c'est cependant le seul qui convienne aux surfaces de roulement.

Par son mode de fabrication, le rail Barlow porte en lui-même la cause de sa perte : cela explique la défaveur dans laquelle il est tombé.

Rails composés. — Les rails posés sur longrines métalliques ont quelque chose d'analogue au rail Barlow, seulement la section est formée de plusieurs pièces assemblées entre elles. De la sorte, on a l'avantage de remplacer facilement la partie qui s'use, c'est-à-dire le champignon de roulement, et on n'est pas forcé de mettre au rebut les parties latérales qui jouent le rôle de support.

Parmi les rails de ce genre, nous citerons :

1° Le rail Hilf, appliqué sur les lignes de Nassau et représenté en coupe par la figure 14, planche I; la longrine a une base de $0^m,33$ et porte trois nervures longitudinales, qui l'accrochent dans le ballast et s'opposent à tout déplacement; sur la base supérieure de la longrine est rivé ou boulonné un rail Vignole, et les deux rails d'une même voie sont entretoisés par des fers ronds avec écrous de serrage; ce système est lourd, et la solidarité du rail et de la longrine doit disparaître rapidement par le ferraillement.

2° Le rail proposé par M. Heusinger von Waldegg, figure 15, planche I, a une section presque identique à celle du rail Barlow; les deux ailes sont indépendantes et serrent entre elles, au moyen de rivets, la queue du champignon de roulement; même remarque que plus haut au sujet du ferraillement;

3° Le rail Scheffler, formé d'un champignon de roulement, dont la queue est serrée au moyen de boulons entre deux cornières, rivées sur des traverses en fer à double T, figure 16, planche I; appliqué aux chemins de Brunswick, avec des champignons en acier Bessemer, le rail Scheffler a donné d'assez bons résultats; il paraît cependant que le système se prête à l'oxydation. Les boulons se sont bien comportés, et l'entretien est beaucoup plus facile avec eux qu'avec des rivets, qui finissent toujours par se relâcher et qu'il est impossible de resserrer;

4° Le rail Kostlin et Battig, essayé sur les chemins du Wurtemberg et représenté par la figure 17, planche I; il se compose de trois pièces, le champignon et deux cornières à angle obtus, celles-ci sont boulonnées sur des traverses en fer à simple ou à double T; grande tendance au ferraillement, entretien beaucoup plus coûteux que celui de la voie ordinaire.

Rail Hartwich. — Le rail imaginé par M. Hartwich, ingénieur du chemin de fer rhénan, est représenté par les figures 18 et 19, de la planche I. C'est un rail à patin dans lequel on a écarté le champignon de la semelle en donnant à l'âme plus de hauteur et par suite plus d'épaisseur : on a placé le métal dans de meilleures conditions de résistance, puisqu'on a augmenté considérablement le moment d'inertie de la section. A charge égale, la flexion est beaucoup moindre et, par suite, la résistance aux efforts verticaux est bien plus considérable que dans le rail ordinaire : seulement, le patin ayant une largeur limitée, la

pression qu'il transmet au sol par unité de surface est plus forte qu'avec les traverses; il faut donc placer le rail sur un sol artificiel particulièrement résistant; ce sol est constitué par deux murs, formés de pierre cassée et de sable fortement pilonnés dans des rigoles larges et profondes, lesquelles sont creusées sous chaque file de rails.

La tendance au renversement d'un rail aussi élevé doit être énergiquement combattue; à cet effet, l'on a recours à des boulons-entretoises, espacés de $1^m,25$ et destinés à maintenir l'écartement.

Les joints sont consolidés par de fortes éclisses assemblées au moyen de huit boulons, et aussi par des platines de joint placées sous le patin et fixées au moyen de boulons.

La voie entière est enfouie dans le ballast et soustraite ainsi en majeure partie aux variations atmosphériques ; le champignon seul dépasse.

Depuis février 1869, la Compagnie de l'Est expérimente le rail Hartwich sur 1200 mètres de longueur, entre Gagny et Chelles; son rail a $0^m,235$ de hauteur, il pèse un peu plus de 43 kilogrammes le mètre courant; une paire d'éclisses pèse $27^{kg},30$, il y a six boulons par paire d'éclisses, pesant en tout $6^{kg},16$ et, sur une longueur de voie de six mètres, on trouve cinq boulons ou tringles entretoises, pesant $35^{kg},75$; de sorte que le poids du métal par mètre courant de voie atteint $103^{kg},45$.

Le prix de revient est à peu près le même que celui d'une voie Vignole avec traverses en chêne; l'épaisseur de ballast pilonnée sous le patin est de $0^m,35$. L'expérience a été faite au chemin de fer de l'Est, dans une tranchée glaiseuse et l'entretien a été très-difficile ; la partie faible du rail est toujours le joint qui fléchit plus que le reste. Il conviendrait de porter de $0^m,50$ à $0^m,82$ la longueur des éclisses et d'augmenter le nombre des boulons.

Conclusion sur les voies métalliques. — De toutes les voies métalliques, c'est la voie Hartwich qui passe pour la meilleure; cependant, nos voies sur traverses ne se sont pas mal comportées. C'est à une expérience prolongée qu'il appartient de trancher la question.

Pour terminer, nous donnerons l'extrait suivant des réponses faites, en 1870, au Questionnaire de l'Union des chemins de fer d'Allemagne :

Quels sont les résultats fournis par les essais d : voies tout en fer?

Les systèmes qui ont été le plus généralement employés sont :

D'abord la voie Hartwich sur 89,890 mètres.
Ensuite la voie mixte Scheffler sur 23,880 mètres.
Puis la voie mixte Hilf sur 22,750 mètres.
Enfin la voie sur traverses en fer (système Vautherin) sur 15,380 mètres.
Le système mixte de Kostlin et Battig, n'a été essayé que sur une longueur de $5,045^m$.

Les avantages et les inconvénients de ces divers systèmes peuvent se résumer comme il suit :

1° *Système Hartwich. — Rails à patins de* $0^m,20$ *à* $0^m,28$ *de hauteur.*

Prix de revient.	26 à 30 fr. le mètre courant.
Entretien.	coûteux.
Remplacement.	coûteux.
Service pour l'exploitation.	sûr et solide.
Mode de roulement.	dur.
Rétablissement après les accidents.	facile et rapide.

2° *Système Scheffler. — Rails assemblés en trois parties.*

Prix de revient.	42 et 43 francs le mètre courant.
Entretien.	coûteux.
Remplacement.	peu coûteux.
Service pour l'exploitation. . . .	sûr et solide.
Mode de roulement.	dur.
Rétablissement après les accidents.	difficile et long.

3° *Système Hilf. — Rails assemblés sur une longrine en fer.*

Prix de revient.	42 à 43 francs le mètre courant.
Entretien.	peu coûteux.
Remplacement.	peu coûteux.
Service pendant l'exploitation. . .	sûr et solide.
Mode de roulement.	élastique et régulier.
Rétablissement après les accidents.	facile et rapide.

4° *Système Vautherin. — Rails ordinaires sur traverses prismatiques en fer.*

Prix de revient.	un peu moindre que celui des voies sur traverses en bois.
Entretien.	plus coûteux que celui des voies avec traverses en bois.
Service pendant l'exploitation. . .	sûr et solide.
Mode de roulement.	aussi élastique qu'avec les traverses en bois.
Rétablissement après les accidents.	facile et rapide, mais les déraillements mettent un plus grand nombre de traverses hors de service que si l'on emploie les traverses en bois.

FABRICATION DES RAILS.

On peut fabriquer les rails en fonte, en fer ou en acier.

Les minerais de fer sont très-répandus dans la nature; les meilleurs sont les oxydes et les carbonates, que l'on exploite en tous pays. Les minerais sulfurés et phosphorés ne donnent généralement que de mauvais fers, tout en exigeant un traitement long et dispendieux.

Les minerais usuels, oxydes et carbonates, sont mêlés à une gangue terreuse; généralement c'est de l'argile, matière éminemment infusible; si on ajoute au minerai une pierre calcaire et que l'on porte le mélange à une température très-élevée, dans un haut-fourneau où les couches de minerai et de chaux alternent avec des couches de charbon, il se forme un silicate double d'alumine et de chaux relativement fusible, qui s'écoule sous forme de scories ou de laitier, et l'on recueille du fer fondu résultant de la réduction de l'oxyde par le charbon.

Ce fer fondu ou fonte entraîne du charbon ; on le recueille dans des moules en sable, il se solidifie et forme ce qu'on appelle les gueuses de première fusion.

La fonte est donc le produit initial que l'on tire du minerai; c'est elle qui maintenant va nous donner le fer et l'acier.

On distingue deux espèces de fonte, savoir :

1° La fonte blanche, qui est dure, inattaquable à la lime, facile à briser et à pulvériser sous le choc. Tout le carbone qu'elle renferme est à l'état de combinaison. On l'obtient par un refroidissement brusque du métal, elle sert à fabriquer le fer doux en barres ;

2° La fonte grise dans laquelle on reconnaît à la loupe la présence d'une multitude de paillettes noires englobées dans la masse; elle contient donc, outre le carbone combiné, du carbone simplement mélangé. La fonte grise, qui convient seule à la confection des pièces moulées, est douce et se laisse limer et marteler.

La fonte de première fusion est réservée aux grosses pièces telles que les bâtis de machines; la fonte de seconde fusion, plus pure, convient aux pièces de machines.

Ce n'est qu'avec les fontes pures qu'on obtient à volonté la variété grise et la variété blanche; les minerais sulfurés et phosphorés ne donnent souvent que de la fonte blanche.

La fonte au charbon de bois est toujours supérieure à la fonte au coke; celui-ci, quelque bien épuré qu'il soit, renferme toujours des impuretés qui passent dans le métal.

Un peu de phosphore ralentit le refroidissement de la fonte et produit un bon effet; mais, lorsque la proportion augmente, la fonte devient cassante et impropre à beaucoup d'usages. La présence du soufre est toujours funeste.

Le fer s'obtient par l'affinage de la fonte, à qui l'on enlève une partie de son carbone : la transformation s'effectue soit par le procédé ancien d'affinage au petit foyer, soit par le procédé anglais avec un four à réverbère.

L'affinage au petit foyer consiste à présenter sous le vent d'une tuyère, au-dessus d'un foyer rempli de charbon incandescent, une loupe de fonte qui tombe en gouttelettes; le carbone et le silicium s'oxydent et s'en vont sous forme d'oxyde de carbone et de silicate de fer fusible; il reste une loupe de fer plus ou moins pur que l'on porte sous le martinet, que l'on divise ensuite en lopins et que l'on forge en barres. Lorsque avec ce procédé on se sert de charbon de bois, on obtient un fer de première qualité, mais la dépense et la perte sont considérables.

La fabrication industrielle se fait surtout avec le four à réverbère; on commence par transformer la fonte en fine-métal dans un foyer à tuyères, on lui enlève son silicium et une partie de son charbon, mais on obtient un produit impur qui est resté trop longtemps en contact avec le coke. Le fine-métal est ensuite placé sur la sole d'un four à réverbère, que parcourt le courant gazeux produit par la combustion du coke sur un foyer latéral; ce courant gazeux est encore chargé d'oxygène et d'oxyde de carbone à une haute température, il brûle les impuretés du métal et laisse le fer comme résidu.

L'opération terminée, la loupe est portée sous le marteau-pilon qui en fait un parallélipipède; de là elle passe d'abord dans les laminoirs préparateurs, puis dans les laminoirs finisseurs.

On comprend que ce procédé économique donne un fer moins bon que le premier; le laminage est toujours bien intérieur au forgeage.

L'opération qui consiste à oxyder la fonte sur la sole d'un four à réverbère est le puddlage, et le métal qui en résulte est le fer puddlé.

Le fer a la propriété de se souder à lui-même lorsqu'on le porte à une haute température; lors donc qu'on l'a étiré ou laminé, on peut le replier sur lui-même, le chauffer à nouveau et souder les deux branches en une seule soit au moyen du pilon, soit au moyen du laminoir. Le fer ainsi pétri prend plus d'homogénéité et de résistance, il constitue ce qu'on appelle le fer corroyé.

Nous ne dirons rien des qualités et des défauts du fer, dont la description a été faite dans d'autres parties du *Manuel*.

L'acier est le composé intermédiaire entre le fer et la fonte. Il se fabriquait

autrefois uniquement avec des fontes pures, non chargées de soufre et de phosphore, parce que, pour enlever ces deux corps, il eût fallu enlever aussi beaucoup trop de carbone, et l'on eût obtenu du fer ; les nouveaux procédés, dont le plus connu est celui de M. Bessemer, permettent de tirer de l'acier de fontes présentant quelque impureté.

On distingue parmi les aciers :

1° L'acier naturel, qui s'obtient en affinant une fonte pure au petit foyer et arrêtant l'opération au moment où le métal conserve encore une proportion convenable de carbone; l'opération est très-délicate et ne réussit pas toujours, elle ne s'applique qu'à de petites quantités;

2° L'acier de cémentation, qui s'obtient en plaçant dans un four des couches alternatives de barres de fer doux et de charbon fin de bois; on allume le charbon et au bout de quinze jours, les barres de fer sont aciérées sur une profondeur plus ou moins grande ;

3° L'acier fondu que l'on obtient sous forme de lingots en faisant fondre dans des creusets réfractaires des fragments d'acier de cémentation. Cet acier ne s'emploie guère qu'en coutellerie;

4° L'acier ou métal Bessemer, qui se fabrique par une méthode spéciale d'affinage, consistant à faire passer à travers la fonte liquide des courants d'air à haute pression. Ces courants brassent la masse entière et vont brûler, jusque dans la dernière molécule de fonte, le carbone, le soufre, le silicium. La masse reste liquide, grâce à la chaleur que lui fournissent les réactions chimiques, et, en arrêtant l'opération à un moment convenable, ou bien encore en ajoutant au métal épuré de la fonte pure, on obtient un métal étirable, homogène, qui se travaille comme l'acier fondu.

Le métal Bessemer et ses similaires ne prennent les caractères de l'ancien acier que d'une manière plus ou moins complète, plus ou moins stable.

Voici comment il faut comprendre aujourd'hui la classification du fer et de ses produits carburés :

On peut appeler fonte, dit M. Grüner, le produit fondu brut de la réduction des minerais de fer. C'est un fer impur qui n'est pas malléable, au moins à chaud, mais peut se tremper par un refroidissement brusque.

On donne le nom de fer doux au métal plus ou moins épuré, extrait de la fonte ou directement des minerais de fer, malléable à chaud et à froid, mais non susceptible de prendre la trempe.

Et le praticien appellera acier tout produit intermédiaire, pouvant subir la trempe, mais restant malléable à chaud et à froid, s'il n'est pas trempé; et ce métal sera l'acier, quelle que soit d'ailleurs la méthode suivie pour l'obtenir, extraction directe du minerai, affinage partiel de la fonte, ou recarburation du fer doux. D'après cela, par ses propriétés comme par sa fabrication, l'acier est compris entre la fonte et le fer doux. On ne peut même pas dire où commence, où finit l'acier. C'est une série continue qui part de la fonte noire la plus impure et aboutit au fer doux le plus mou et le plus pur.

Après avoir rappelé ces notions générales sur la fabrication du fer, de l'acier et de la fonte, abordons la fabrication des rails.

Depuis longtemps on a renoncé aux rails en fonte dont nous avons donné quelques types en traitant de l'historique des chemins de fer.

Jusqu'à ces dernières années, le rail en fer était seul connu ; aujourd'hui, le rail en acier tend à le remplacer sur toutes les lignes de quelque fréquentation.

Rails en fer. — Il y a deux causes de destruction des rails en fer : 1° le défaut de dureté du métal ; 2° le défaut de soudure entre les diverses mises ou barres de métal qui constituent le paquet d'où on tire le rail par laminage.

Lorsque le métal est trop mou, le ruban poli que le passage des roues marque sur le rail augmente rapidement de largeur, le champignon s'affaisse et déborde latéralement ; il se forme des flèches et il en résulte une mauvaise circulation.

Lorsqu'il y a défaut de soudure, de longues lanières de métal se détachent de la surface et se soulèvent ; le métal s'exfolie, et le rail avarié en un ou plusieurs points doit être mis au rebut.

Il paraît qu'à égalité de trafic total, l'usure des rails est moindre sur un chemin à deux voies que sur un chemin à une voie ; cela tient sans doute que sur un chemin à une voie les causes destructives agissent sur le rail tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, et la désagrégation produite par le passage dans un sens est amplifiée par le passage en sens contraire.

La longueur des rails est aujourd'hui de six mètres ; on ne tolère, dans une fourniture, qu'une certaine proportion de rails de longueur moindre, lesquels s'emploient dans les courbes.

Le poids du rail par mètre courant varie de 35 à 40 kilogrammes par mètre courant, en général 37 kilogrammes.

Il faut évidemment constituer la surface du champignon avec un fer dur et résistant ; on choisit d'ordinaire le fer corroyé à grain fin, et le fer puddlé est réservé pour le corps du rail.

On a eu l'idée d'employer pour la couverte un fer légèrement phosphoreux, et on en a obtenu de bons résultats : le phosphore en petite proportion augmente la dureté du métal et annule l'influence du soufre qui rend le fer rouverain.

Si l'on remarque que, dans un rail à patin, le champignon doit résister au frottement et à la compression, tandis que le patin travaille toujours par extension, on aura l'idée de réserver le fer à grain pour le champignon et le fer à nerf pour le patin. Cette idée rationnelle a été mise à exécution, mais on n'en a pas tiré tout le résultat qu'on en espérait.

S'il y a avantage à composer le rail avec des fers différents, il y a aussi un grand inconvénient dans cette manière d'opérer, car deux fers de nature différente ne se soudent pas à la même température : la température de la soudure augmente avec la pureté du fer. Le fer corroyé demande donc pour être soudé plus de chaleur que le fer puddlé ; si on porte le rail à la température la plus élevée, le fer puddlé est brûlé, il prend une texture à gros grain et ne se soude pas à son voisin ; au contraire, si on se maintient à une basse température, le fer corroyé n'est pas suffisamment ramolli et la soudure est encore imparfaite.

Il faudrait donc fabriquer le rail tout entier en fer corroyé ou tout entier en fer puddlé ; dans le premier cas, il coûterait trop cher ; dans le second cas, il serait parfaitement homogène mais trop mou pour résister aux efforts verticaux et le champignon ne tarderait pas à s'écraser.

L'alliance des deux natures de fer est donc nécessaire, et on arrive à en atténuer les inconvénients par un choix attentif des mises successives qui entrent dans la composition d'un paquet.

Il arrive quelquefois qu'entre deux mises mal soudées, il reste un peu de laitier que le martelage ou le laminage n'ont pu chasser ; alors il y a défaut de continuité dans la section, et le rail ne tardera pas à s'écraser et à s'exfolier.

Pour parer à tous ces défauts, les compagnies de chemins de fer exigent de leurs fournisseurs de rails des délais de garantie plus ou moins prolongés suivant le trafic de la ligne.

Les figures 4 et 5 de la planche VI représentent les trousses ou paquets que l'on transforme en rails par un laminage méthodique :

La figure 4 représente le paquet pour rail à double champignon du chemin de fer du Midi; il a $0^m,22$ de largeur sur $0^m,25$ de hauteur et $0^m,95$ de long et doit fournir un rail de 6 mètres. Il y a neuf assises dans le paquet; les deux couvertes sont en fer corroyé d'environ $0^m,03$ d'épaisseur; les sept assises intermédiaires sont en fer ordinaire, et l'on a soin de découper d'une assise à l'autre les joints des barres juxtaposées. On remarquera que sur les bords des deux assises qui touchent aux couvertes *a*, *a*, on a placé de petites barres *b*, *b* de fer corroyé; après le laminage, ce fer corroyé se trouvera sur les parties latérales du champignon et les protégera contre les chocs et les déchirures.

La figure 5 représente la section d'un paquet pour rail à patin du Nord; la composition a bien réussi; le paquet a une section carrée d'environ $0^m,20$ de côté, la couverte supérieure (*a*) est en fer corroyé à grain fin; au-dessous vient une assise *b* de fer puddlé à grain, puis une autre assise de fer puddlé mélangé de grain, et, à la suite, on trouve six assises de fer puddlé à nerf, dont les joints se découpent; latéralement aux trois dernières assises, qui sont un peu moins larges, on place deux lames verticales de fer corroyé à nerf, qui sont destinées à former les ailes du patin.

Les couvertes de rails sont fabriquées à part; on s'est bien trouvé d'en placer les mises normalement et non parallèlement au laminage, car alors un défaut de soudure est beaucoup moins grave.

Les chutes, c'est-à-dire les bouts de rails que l'on détache à la scie après le laminage, et les rails de rebut entrent souvent dans la composition des paquets; mais, ces morceaux de fer, par leur forme irrégulière, se prêtent mal à la soudure et presque toujours on est forcé de les réchauffer et de les aplatir avant de les faire entrer dans la composition des paquets.

Un paquet, étant composé, est placé dans un four à réchauffer et porté au rouge blanc. Alors on le fait passer dans les trains de laminoirs; on comprend bien que le rail n'est pas amené à sa forme définitive par un seul laminage, il passe d'abord dans une série de laminoirs ébaucheurs, puis dans une série de laminoirs finisseurs. Le nombre des passages est souvent d'une douzaine.

A sa sortie du dernier laminoir, le rail, encore rouge, est reçu sur une table en fonte et coupé à la longueur voulue par deux scies dont l'écartement est calculé en raison de la température à laquelle se trouve le métal, de telle sorte que le rail prenne la longueur voulue lorsqu'il se trouvera à la température ordinaire.

Il faut, en outre, obtenir des rails rectilignes. A cet effet, les rails symétriques sont placés sur une table plane et dressés à coups de maillet; pour les rails non symétriques, si on leur donnait la forme rectiligne à chaud, ils deviendraient courbes par le refroidissement, car la vitesse de refroidissement du métal n'est pas la même dans la tête que dans le patin. — Il faut donc dresser les rails dissymétriques sur une table convexe, dont le profil est déterminé expérimentalement.

Les inégalités locales, lorsque le rail est froid, sont corrigées à l'aide de vis de pression; mais il ne faut pas avoir recours au martelage.

Pour courber les rails, on les laisse tomber d'une certaine hauteur, indiquée par l'expérience, sur deux tasseaux convenablement écartés.

Le laminage seul produit difficilement une bonne soudure des diverses mises; souvent, on soumet le paquet pour rails à deux chaudes : après la première, on le porte sous le marteau-pilon et on réduit sa section de moitié; c'est seulement après la seconde chaude que le paquet passe au train de laminoirs.

Pour faire comprendre les perfectionnements apportés à la fabrication des rails, nous reproduirons ici quelques remarques présentées par MM. Flachat et de Goldschmidt dans leur rapport sur l'Exposition de 1867 :

« Le rapport du jury de l'Exposition universelle de 1855 constatait dans la fabrication des rails l'insuffisance du corroyage pour souder parfaitement les barres qui entrent dans la composition du rail.

« En 1862, sept ans plus tard, et après quatorze ans d'expérience, on constatait de grands progrès accomplis, et cependant il subsistait des incertitudes persistantes. Le procédé de fabrication des rails s'était perfectionné par l'emploi du pilon avant le laminage et par un meilleur choix des minerais de fer; mais l'inefficacité du corroyage subsistait encore.

« Cependant, les fabricants acceptaient pour leurs rails la responsabilité de plusieurs années de service sans altération de la table de roulement; les limites de la résistance à la rupture, stipulées dans le cahier des charges, s'étendaient de plus en plus.

« L'acier puddlé et l'acier Bessemer se montraient timidement dans les changements de voie. La période expérimentale commençait, cependant, de l'acier fabriqué par ces deux procédés.

« L'usure des rails se manifestait sérieusement. Le poids du matériel roulant s'accroissait rapidement. Les voitures devenaient plus spacieuses et plus résistantes; la charge des wagons était portée de 6 tonnes à 10; le poids des locomotives atteignait 13 tonnes par essieu moteur, et la vitesse s'accroissait dans des proportions inespérées. Les rails à double champignon étaient, par suite de leur faible dureté, rapidement altérés à leur point de contact sur le coussinet, ce qui abrégeait beaucoup leur durée après le retournement. — Les rails en acier se montraient de plus en plus dans les changements et les croisements de voies.

« De 1862 à 1867, de nouvelles nécessités se sont produites dans l'établissement des chemins de fer; la jonction des vallées séparées par des plateaux élevés et la traversée des montagnes ont exigé de fortes déclivités, sur lesquelles l'usage continu du frein est indispensable pour modérer la vitesse de descente, tandis que, pour les gravir, il faut donner aux machines une puissance et, par suite, un poids considérable. Les rails n'avaient pas encore été soumis à ces dures épreuves. Le Guadarrama, les Pyrénées, les Alpes (au Sömmering et au Brenner), les Alpes maritimes, le Cantal et un grand nombre de faîtes secondaires ont été franchis, et l'expérience démontre que la qualité des rails y est indispensable. — C'est à partir de 10 millimètres que les pentes exigent l'action continue des freins.

« En 1867, sur l'ensemble des six grandes Compagnies de France, les pentes comprises entre 10 et 15 millimètres régnaient sur 2,039 kilomètres; celles comprises entre 15 et 20, sur 264 kilomètres; celles comprises entre 20 et 25, entre 25 et 30, entre 35 et 40, entre 40 et 45 millimètres, régnaient respectivement sur 35, 32, 50 et 3 kilomètres.

« C'est sans doute un fait considérable que déjà un sixième de l'étendue du réseau exploité en France se compose de déclivités où l'emploi continu du frein est nécessaire pour modérer la vitesse de marche; mais l'utilité de l'établisse-

ment de voies en rails moins altérables par l'usure n'est pas là seulement. — Ce n'est pas seulement un accroissement de dureté de la surface de roulement que l'on cherche dans le renouvellement, mais, en outre, un accroissement de la résistance du rail et de la rigidité de la voie. — On veut, en conséquence, sur les lignes à grande circulation, substituer des rails en acier aux rails en fer, et donner, même aux rails en acier, des dimensions plus fortes.

« L'usure des rails en fer est souvent considérable sur certaines lignes : sur les voies très-chargées qui partent de Paris, un rail en fer est hors de service dans un espace de trois à cinq ans; de même entre Rive-de-Gier et Saint-Étienne, où des pentes considérables exigent l'emploi continu du frein, les rails ne durent que quatre ou cinq ans. — Sur les grandes lignes, avec un profil et un trafic ordinaires, la durée peut aller de dix à vingt ans.

La durée des rails en acier sera-t-elle double, triple de celle des rails en fer? On n'est pas fixé sur ce sujet. Cependant, de nombreux exemples portent à croire que la durée du rail en acier sera incomparablement plus forte : ainsi, en trois ans, deux rails, l'un en fer, l'autre en acier, ayant été posés côte à côte sur une voie très-fréquentée d'Angleterre, le rail en fer a été remplacé huit fois après retournement, tandis que le rail en acier n'a pas même été retourné. »

Rails mixtes. — Il a été essayé plusieurs rails intermédiaires entre le rail en fer et le rail homogène tout en acier.

Dans ces rails mixtes, on s'est préoccupé surtout de donner de la dureté à la surface de roulement.

Ainsi, on a composé les couvertes de paquets avec du fer cémenté, c'est-à-dire plus ou moins profondément transformé en acier, comme nous l'avons expliqué plus haut. L'opération de la cémentation augmente le prix de revient de 25 à 30 francs par tonne de rails, et quelquefois plus; elle exige l'emploi de très-bon fer, et ne peut être appliquée qu'à un des champignons, parce que l'acier de cémentation est très-cassant et ne peut servir au champignon inférieur qui travaille seulement à l'extension.

On a cherché aussi à souder une couverte en acier puddlé sur les rails ordinaires. L'acier puddlé s'obtient en arrêtant l'affinage de la fonte au moment où elle conserve une proportion convenable de carbone. Les rails avec tête d'acier puddlé, et même avec tête d'acier Bessemer, ont été expérimentés sur plusieurs lignes d'Allemagne.

Mais l'abaissement du prix de l'acier fondu, ou métal Bessemer, et l'avantage que l'on trouve à se servir de rails homogènes, ont conduit naturellement à adopter sur les voies à grand trafic le rail tout en acier.

Rails entièrement en acier. — Il y a quelques années, on se servait, pour les croisements et changements de voie, de rails fabriqués, soit avec de l'acier puddlé, soit avec de l'acier fondu au creuset. Mais ces rails revenaient trop cher, et ils ont été supplantés par les rails en métal Bessemer.

Pour exposer la question dans son ensemble et pour faire bien nettement ressortir les avantages qui résultent de l'emploi du nouveau métal, nous croyons utile de reproduire ici la notice jointe aux spécimens en acier présentés par les grandes Compagnies françaises à l'Exposition de Vienne de 1873 :

RAILS EN ACIER EMPLOYÉS PAR LES PRINCIPALES COMPAGNIES DE CHEMINS DE FER FRANÇAIS.

Compagnie des chemins de fer de l'Est — La Compagnie des chemins de l'Est a fait poser, sur les parties les plus fatiguées de son réseau, quelques petites sections de voie en rails d'acier Bessemer qui lui ont été fournis par les principales usines françaises.

Ces rails, dont un échantillon est exposé, sont du type Vignole et du même profil que les rails en fer de 35 kilogrammes le mètre courant, en usage depuis longtemps sur le réseau. Leur poids, en raison de la différence de densité des deux métaux, s'élève à 36 kilogrammes par mètre.

Chaque rail de 6 mètres repose sur deux traverses de joint, par l'intermédiaire de platine à deux rebords, et sur six traverses intermédiaires espacées de 90 centimètres d'axe en axe. Les attaches consistent en tire-fonds galvanisés.

Une expérience a été faite par la Compagnie de l'Est pour comparer les durées des rails en acier et en fer. On a posé, au mois de mars 1866, sur une partie extrêmement fatiguée de la voie principale, dans la traversée de la gare de la Villette, 60 rails en acier Bessemer et 60 rails en fer, alternés par groupes de 6 rails.

Au mois de mars 1872, tous ces rails avaient subi une circulation d'environ 29 millions de tonnes brutes; 31 des 60 rails en fer étaient déjà hors de service depuis plus ou moins longtemps, et l'altération des 29 autres ne permettait pas d'assigner à l'ensemble une résistance moyenne supérieure à 24 millions de tonnes brutes. Ces rails en fer étaient cependant de très-bonne qualité.

Les rails d'acier soumis à la même fatigue n'ont subi d'autre altération qu'une usure très-régulière, qu'on a mesurée exactement en prenant leur empreinte à la cire. Cette usure correspond à 1 millimètre par 26 millions de tonnes, sur les points où la circulation a lieu dans les conditions normales. Elle est notablement plus rapide sur ceux où les freins agissent constamment, mais la durée des rails d'acier y sera encore considérable.

La Compagnie de l'Est a fait aussi des expériences qui ont confirmé en tous points celles de la Compagnie du Nord, sur les résistances comparées des rails en acier et en fer.

Elles se résument comme il suit :

A la flexion, l'élasticité des rails en fer commence à s'altérer sous un moment correspondant à moins de 25 kilogrammes par millimètre carré, et leur module d'élasticité E est égal à $14,3 \times 10^9$. La résistance des rails d'acier, jusqu'à la limite d'élasticité, s'élève à 38 kilogrammes, soit une fois et demie celle des rails en fer, et leur module d'élasticité est égal à $18,4 \times 10^9$.

Au mouton de 300 kilogrammes tombant sur le rail au milieu de l'intervalle de deux points d'appui, espacés de $1^m,10$, la hauteur moyenne de rupture des rails en fer, est de $1^m,60$. Celle des rails d'acier dépasse $4^m,60$; la plupart de ces rails n'ont pu être rompus sous une chute de 5 mètres, la plus grande qu'on pût obtenir avec l'appareil. Cependant les rails d'acier soumis à l'épreuve reposaient sur une enclume en fonte de 10,000 kilogrammes, tandis que les rails en fer étaient supportés par un châssis en bois fixé sur maçonneries.

Il est donc certain que le rapport de résistance à la flexion des rails en acier et en fer de même section, est égal à 1,5 jusqu'à la limite d'élasticité, et que celui des résistances à la rupture par choc est beaucoup plus élevé encore.

Ces considérations ont amené la Compagnie de l'Est à étudier un type de rails en acier Bessemer de section réduite, comme l'avait fait avant elle la Compagnie du Nord. Le nouveau rail d'acier de la Compagnie de l'Est pèsera 30 kilogrammes par mètre et ne différera que très-peu de celui du Nord. Les joints seront éclissés en porte-à-faux, et la barre de 6 mètres de longueur reposera sur six traverses intermédiaires espacées de $0^m,90$ d'axe en axe. Le glissement longitudinal sera combattu par une pièce spéciale butant contre l'éclisse; cette disposition permettra de ne pas encocher le patin du rail.

Les considérations qui viennent d'être résumées ont été soumises à l'administration supérieure, et, par un décret du 18 janvier 1873, la Compagnie de l'Est a été autorisée à faire usage sur son réseau de rails en acier du poids de 30 kilogrammes par mètre.

COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DU MIDI.

La Compagnie du Midi emploie, sur les sections les plus fréquentées de son réseau, les rails d'acier.

Ces rails, fabriqués, soit par le procédé Bessemer, soit par le procédé Martin, sont fournis par les diverses usines françaises qui ont monté les appareils nécessaires à ces systèmes de fabrication, savoir : Imphy, le Creusot, Terre-Noire, Firminy et Commentry.

Sauf de rares exceptions, les rails d'acier employés sur le réseau du Midi, sont tous du système à double champignon, et leur forme ne diffère pas de celle en usage pour les rails ordinaires.

Longueur du rail.	$5^m,30$
Écartement des traverses de contre-joint.	$0^m,60$
Écartement des traverses intermédiaires.	$0^m,98$
Rail en acier Martin, provenant des usines de la Société anonyme des forges et aciéries de Firminy.— Fabrication de 1872.	$38^k,000$
(La Compagnie a en outre employé des rails de même profil en acier Bessemer provenant des usines de Terre-Noire et Bessèges.)	
Coussinets provenant de l'usine de Marquise (Pas-de-Calais). — Fabrication de 1869. — Poids d'un coussinet.	$10^k,200$
Chevillettes fabriquées à l'usine Derevaux à Vieux-Condé (Nord), en 1872.— Poids d'une chevillette.	$0^k,440$
Coins fournis par M. Bastia, de Dax (Landes) fabrication de 1872. — Poids d'un coin	$0^k,900$
Éclisses provenant de l'usine d'Allais, fabrication de 1873. — Poids de la paire.	$9^k,100$
Boulons d'éclisses fabriqués par l'usine de M. Vankalk, près Valenciennes en 1873. — Poids d'un boulon.	$0^k,445$
Rail Brunel, creux en acier Bessemer, pour plaque tournante, provenant de l'usine de Terre-Noire (Loire) fabrication de 1870. — Poids du mètre courant.	$54^k,500$

COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DU NORD.

Profil adopté. — La Compagnie du Nord a adopté pour tout son réseau un rail en acier du type Vignole, pesant $30^{k},300$ par mètre. Ce rail est fourni indistinctement par toutes les usines françaises; en ce moment il est laminé dans les établissements de Terre-Noire et dans ceux de la Société des forges du Creusot.

Longueur des barres. — Sa longueur normale est de 8 mètres, mais on admet dans les commandes, pour faciliter la fabrication, des longueurs réduites, de 7 mètres, de 6 mètres et de 5 mètres.

Traverses et éclisses. — Ce rail est posé avec traverses aux joints et il est supporté en neuf points présentant les écartements suivants : $0^{m},60$ près des joints, $0^{m},90$ pour les parties contiguës et un mètre pour toutes les parties intermédiaires; sur une même file de rails, les barres sont reliées l'une à l'autre au moyen d'éclisses percées, pour le passage des boulons, de quatre trous de $0^{m},019$ de diamètre; elles reposent directement sur les traverses dans des entailles préparées pour cet objet et sont fixées sur celles-ci au moyen de deux tire-fonds en fer galvanisé pour les traverses intermédiaires et de quatre tire-fonds pour celles de joints. Les tire-fonds sont serrés contre le patin que l'on évite de percer et d'encocher sur sa longueur.

Les raisons qui ont arrêté le choix de ce type de rail peuvent se résumer comme il suit :

Avantage de l'acier. — Le premier avantage des rails en acier sur les rails en fer, résulte de ce qu'ils s'usent parallèlement et avec lenteur, tandis que les meilleurs rails en fer se détériorent sous l'influence de la circulation, et se trouvent la plupart du temps hors de service avant d'avoir perdu par une usure régulière, une notable partie de leur poids. Les expériences faites par la compagnie du Nord sur des rails en fer de toutes provenances, ont démontré que les meilleurs d'entre eux ne résistaient pas sur son réseau à une circulation de 20 millions de tonnes; pour ceux de qualité ordinaire, ce chiffre ne dépasse même pas 14 millions ; pour les rails en acier, tous les essais faits démontrent que leur champignon s'use uniformément d'un millimètre d'épaisseur pour une circulation de 20 millions de tonnes, et comme ces rails sont étudiés en vue d'une usure de 10 millimètres, on peut estimer que la durée des rails en acier répondra à une circulation d'au moins 200 millions de tonnes; c'est-à-dire que leur durée dépassera dix fois celle des meilleurs rails en fer. La substitution des rails en acier aux rails en fer correspond donc à une notable économie d'entretien, en même temps qu'elle assure à la voie une résistance plus égale et qu'elle accroît, dans une forte mesure, la sécurité de l'exploitation.

Le deuxième avantage des rails en acier sur les rails en fer résulte de ce qu'ils sont laminés avec une matière offrant une résistance plus régulière et de beaucoup supérieure à celle composant ces derniers. Des expériences faites pour comparer les deux matières, il résulte, en effet, qu'aux essais à la pression, les rails en fer conservent des déformations permanentes, sensibles, dès que les compressions et tensions des fibres atteignent 17 à 18 kilogrammes par millimètre carré; pour les rails en acier, ce chiffre dépasse 38 kilogrammes. Aux essais de traction directe, la matière composant les champignons des rails en fer de bonne qualité est caractérisée par une résistance à la rupture, comprise

entre 28 et 38 kilogrammes par millimètre carré; pour les rails en acier, ce chiffre est compris entre 65 et 75 kilogrammes. Enfin, les rails en fer essayés au choc, à l'appareil dit *du Chemin de fer de Lyon*, ne résistent pas en moyenne à une puissance vive dépassant 400 kilogrammètres; pour les rails en acier du type considéré, cette résistance dépasse 900 kilogrammètres. Le matière composant les rails en acier peut donc être caractérisée ainsi : elle offre plus de garanties comme régularité des produits, sa résistance vive élastique et sa résistance vice de rupture sont au moins le double de celles des matières composant les rails en fer.

L'avantage de la substitution des rails en acier aux rails en fer est donc évident si la dépense de premier établissement ne vient pas opposer à cette substitution une raison pécuniaire; or, au cours actuel, en profitant des différences de résistance des matières, on peut réduire à 30 kilogrammes le poids des rails, tout en leur laissant une solidité supérieure à celle des rails en fer qu'ils remplacent; et l'on arrive, non-seulement à réduire l'excédant de dépense, mais encore à rendre la pose des rails en acier plus économique que celle des rails en fer.

Détail du profil. — Les conditions qu'on s'est attaché à remplir et qui ont conduit aux formes adoptées, sont les suivantes :

Conserver la hauteur du rail de 37 kilogrammes en fer, ainsi que l'étendue et l'inclinaison des portées de l'éclisse et le bombement du champignon, qui avait donné de bons résultats en service;

Donner à l'usure le plus de marge possible, et, dans ce but, accumuler la matière sur le champignon en réduisant l'épaisseur de l'âme, l'épaisseur et la largeur du patin autant qu'on peut le faire, sans rendre la fabrication difficile et sans exagérer le rapport de la hauteur du rail à la largeur de sa base.

Théoriquement, au moment du maximum d'usure, le profil aurait dû être tel que le travail des fibres les plus fatiguées du champignon et du patin fût le même; cela nous aurait conduit à un patin un peu trop étroit et un peu trop mince, pour l'appui sur les traverses et pour le laminage. Dans le profil adopté, l'égalité des efforts d'extension et de compression se réalise, après une usure de cinq millimètres, mais, à cet instant, le rail n'est pas assez affaibli pour ne pas pouvoir être maintenu en service et, après l'usure d'une nouvelle épaisseur de 5 millimètres, sa résistance est encore supérieure à celle du rail neuf en fer de 37 kilogrammes.

Stabilité du rail. — C'est seulement à l'égard de la stabilité sur sa base que le nouveau type peut être regardé comme plus hardi que l'ancien. La mesure de ce genre de hardiesse est donné par le rapport de la hauteur à la base; or ce rapport, qui est de $\frac{126}{106}$ ou 1,19 pour le rail de 37 kilogrammes, s'élève à 1,288 pour le rail d'acier de 30 kilogrammes. Mais il y a lieu de remarquer que pour le rail type Vignole, en fer, employé par la Compagnie de Lyon, ce rapport s'élève à 1,30, et que pour la ligne de Cologne à Minden ce rapport est de 1,356. D'ailleurs, le rail ne tend pas, comme on l'a cru d'abord, à se renverser vers l'extérieur de la voie, sous les pressions latérales qu'il subit de la part des rebords des roues, il tend plutôt à être chassé de côté; les tire-fonds extérieurs et l'inclinaison donnée à l'entaille de la traverse suffisent pour corriger cette tendance. Une autre conséquence de ces poussées est d'augmenter la pression exercée par le patin du rail contre la traverse du côté vers lequel se produit le mouvement transversal des roues; or, l'expérience acquise depuis plus de deux ans que ce rail est en service sur le réseau du Nord, démontre bien que cette

plus grande pression ne dépasse pas les limites que peuvent supporter les traverses. Il est donc certain que la diminution des dimensions latérales du type primitif de 37 kilogrammes laisse encore le rail dans d'excellentes conditions de stabilité sous son patin.

Qualité de la matière. — Ces résultats de calculs et ces résultats d'observations s'appliquent à une qualité d'acier caractérisée par une certaine dureté et une résistance déterminée, que les usines françaises fabriquent couramment. Cette qualité est caractérisée par des essais qui sont stipulés dans le cahier des charges de la Compagnie et qui sont résumés comme il suit :

1re *épreuve* (*à la pression*).— Chaque rail soumis à l'essai, placé de champ sur deux points d'appui espacés de 1m,10, devra supporter pendant cinq minutes, au milieu de l'intervalle des points d'appui :

1° Une pression de 17,000 kilogrammes, sans conserver de flèche permanente sensible après l'épreuve;

2° Une pression de 30,000 kilogrammes, sans dépasser une flèche de 25 millimètres.

2e *épreuve* (*au choc*). — Chacune des deux moitiés de barre cassée, placée de champ sur deux supports espacés de 1m,10, lesquels seront fixés sur une enclume de 10,000 kilogrammes, devra supporter sans se rompre le choc d'un mouton de 300 kilogrammes, tombant de 2m,25 de hauteur sur la barre, au milieu de l'intervalle des points d'appui.

Sous des hauteurs de chute successives de 1 mètre, 1m,50, 2 mètres, 2m,25, les flèches prises ne devront pas s'écarter sensiblement de 1, 3, 8, 18 à 20 millimètres.

Essai de pose nouvelle. — Enfin, on essaye en ce moment un nouveau système de pose, qui consiste à ne plus mettre les deux joints sur une même traverse, mais à les placer sur deux traverses voisines.

Bien que cette nouvelle pose ne soit pas appliquée depuis assez longtemps pour être jugée par l'expérience, on croit pouvoir compter qu'elle donnera un roulement plus doux que la pose à joints correspondants; en effet, les chocs dus au passage des deux joints n'étant plus simultanés, leur action sur le mouvement de la voiture est atténuée par ce seul fait.

La rudesse même de chacun de ces chocs est adoucie par les circonstances suivantes :

1° La traverse de joint, au lieu d'être sollicitée au déversement à chacune de ces extrémités, est, au contraire, maintenu à l'une d'elles par la pression du rail continu qu'elle supporte;

2° La traverse recevant des secousses moins violentes, conserve mieux le bourrage;

3° Le joint venant à céder au passage d'une roue, la voiture, soutenue par les trois autres roues, n'est pas libre de suivre le mouvement.

COMPAGNIE DE L'OUEST.

La Compagnie de l'Ouest emploie des rails en acier sur les lignes de son réseau où la circulation est le plus importante. Les rails employés jusqu'à ce jour ont été fournis par les usines françaises, savoir : Niederbronn, Imphy, le Creusot, Terre-Noire, Firminy et Commentry; ils ont été fabriqués par les procédés

Bessemer et Martin. Une petite quantité, à l'origine, a été fabriquée avec de l'acier fondu au Creusot.

La longueur de voie simple posée avec des rails d'acier s'élevait, au 31 décembre 1872, à 234 kilomètres.

A l'exception des rails Vignole employés sur les grands ouvrages métalliques, les rails en acier sont du type à double champignon et ont le même profil que les rails en fer.

Leur poids moyen est de 38kg,75 par mètre courant, soit un kilogramme de plus que les rails en fer, qui pèsent 37kg,75.

Les rails ont 6 mètres de longueur et sont éclissés en porte-à-faux; les éclisses employées avec les rails en acier sont également en acier.

Les rails reposent, avec intermédiaire de coussinets en fonte, sur huit traverses par longueur de 6 mètres. La division des portées est indiquée comme il suit :

Le premier coussinet est placé à 30 centimètres de l'extrémité du rail ;

Le second coussinet est placé à 70 centimètres du premier ;

Et tous les autres sont placés à 80 centimètres les uns des autres d'axe en axe.

Les coussinets en fonte pèsent 15 kilogrammes et présentent une surface de base de 482 centimètres carrés.

L'attache des coussinets se fait au moyen de deux tire-fonds dans les parties de voie en ligne droite; dans les parties en courbe, l'attache se fait au moyen de trois tire-fonds pour la file de rails qui se trouve sur le grand rayon. De là deux modèles différents de coussinets.

CHEMIN DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE.

Dès l'année 1867, la Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée s'était décidée à ne plus employer que des rails en acier au renouvellement de ses voies sur les 860 kilomètres de Paris à Marseille, où la fréquentation dépasse le chiffre de 10,000 trains par année sur chaque voie, avec des vitesses qui peuvent atteindre jusqu'à 90 kilomètres à l'heure.

Au 1er janvier 1873, la longueur des portions renouvelées atteignait déjà 940 kilomètres de voie simple.

Disposition de la voie-rail PM. — Le rail exposé (modèle PM) pèse 38kg,850 le mètre. La section ne diffère du rail en fer (modèle PLM) employé sur toutes les lignes nouvelles du réseau de la Méditerranée que par l'épaisseur de l'âme, réduite de 16 à 14 millimètres, et par la largeur du patin, portée de 100 à 130 millimètres.

Les formes du champignon et du patin ayant dans l'un et l'autre type même écartement et même inclinaison, se prêtent à l'emploi d'une seule et même éclisse.

La longueur normale du rail est de 6 mètres et les rails sont posés dans la voie courante sur huit traverses intermédiaires avec les joints en porte-à-faux.

Éclissage. — Chaque joint est consolidé par deux éclisses en fer à quatre trous, reliées entre elles par quatre boulons à deux ergots en fer de 25 millimètres de diamètre. Une broche en fer, enfilée dans une rainure que forme un évidement ménagé, d'une part, sur la partie médiane de l'éclisse, d'autre

part, sous la face inférieure de l'écrou, empêche le desserrage de cet écrou.

Mode d'attache. — Le rail est fixé sur chaque traverse :

1° A l'intérieur de la voie, par une chevillette à deux becs qui est placée dans un trou percé dans le patin du rail et qui s'oppose au glissement du rail dans le sens de la voie en même temps qu'au renversement;

2° A l'extérieur de la voie, par un crampon à un bec.

Fabrication. — Les rails PM sont fabriqués dans les usines du Creusot, de Terre-Noire et de Bességes, soit en acier Bessemer, soit en acier Martin.

Quel que soit le mode de fabrication, les rails résistent facilement aux conditions d'épreuve ci-après résumées; les résultats ne diffèrent pas sensiblement. Cependant, dans certaines usines, l'acier Martin paraît un peu plus dur que l'acier Bessemer, et dans d'autres, au contraire, l'avantage est à l'acier Bessemer.

Épreuves pour la réception. — 1 p. 100 des rails fabriqués sont soumis, lors de la réception dans les usines, aux épreuves suivantes :

1° Chaque barre, placée de champ sur deux points d'appui espacés d'un mètre, doit supporter, pendant cinq minutes, au milieu de l'intervalle des points d'appui, une pression de 25 tonnes sans conserver de flèche sensible après l'épreuve;

2° La même barre, dans la même position, doit supporter, pendant cinq minutes, sans se rompre, une charge de 40 tonnes; on augmente ensuite la pression jusqu'à la rupture;

3° Chacune des moitiés de la barre, placée sur deux points d'appui espacés de $1^m,10$, doit supporter, sans se rompre, le choc d'un mouton de 300 kilogrammes tombant de 2 mètres de hauteur au milieu de l'intervalle;

4° Une rognure franche, de 70 centimètres de longueur, est choisie dans chaque coulée; elle doit supporter sans se rompre, étant placée sur deux appuis espacés de 50 centimètres, le choc d'un mouton de 300 kilogrammes tombant de $1^m,50$ de hauteur.

Résultats obtenus avec l'acier. — Les espérances fondées, en 1867, sur la durée du nouveau métal se trouvent aujourd'hui complètement justifiées par l'expérience.

On n'observe, sur les rails employés depuis plus de cinq ans, aucune déformation, mais seulement une usure dont l'uniformité atteste la parfaite homogénéité du métal.

Plusieurs sections d'essai ont été vérifiées après le passage de 40,000 trains. L'usure constatée est de $\frac{8}{10}$ de millimètre ($0^m,0008$) mesurée dans le sens vertical, soit 1 millimètre pour 50,000 trains; comme le champignon du rail PM peut, sans être trop affaibli, être recoupé ou s'user uniformément de 10 millimètres et plus, on est en droit de supposer qu'il faudra le passage de 500,000 trains pour mettre les rails d'acier hors de service.

Pour faire la part des accidents et des chances d'erreur, si l'on admet seulement 400,000 trains comme chiffre limite, et si, d'autre part, l'on considère que la durée moyenne des rails en fer correspond, dans les mêmes conditions, au passage de 80,000 trains, on arrive à cette conclusion que les rails en acier peuvent être considérés comme devant durer au moins cinq fois autant que les rails en fer.

Rails brisés. — La moyenne des rails en service et qu'il a fallu retirer des voies est de un rail par 15 kilomètres de voie et par année; les ruptures, s'étant produites pour la plupart dès le premier jour de l'emploi du rail, doivent être

attribuées le plus souvent à un défaut de fabrication. Quand ils ont résisté quelques mois, les rails en acier peuvent être considérés comme étant à l'abri de tout accident; on peut dire qu'ils ne cassent plus.

PRIX DE REVIENT. — UN KILOMÈTRE DE VOIE P.M COUTE :

1° *Avec l'acier à 280 francs la tonne.*

(Cours de septembre 1869.)

77,700 kilogrammes de rails	21,656f,00
666 éclisses (poids 5k,30) à 180 francs la tonne	635f,36
1,332 boulons (poids 0k,70) à 350 francs la tonne	326f,34
2,664 chevillettes (poids 0k,41) à 275 francs la tonne	300f,76
2,604 crampons (poids 0k,39) à 275 francs la tonne	285f,70
Total	23,204f,16

2° *Avec l'acier à 400 francs la tonne.*

(Cours de janvier 1873.)

77,700 kilogrammes de rails	31,080f,00
666 éclises à 340 francs la tonne	1,200f,13
1,332 boulons à 500 francs la tonne	466f,20
2,664 chevillettes à 445 francs la tonne	486f,04
2,664 crampons à 445 francs la tonne	462f,83
Totaux	33,695,20
	23,204,16
Plus-value de 1873	10,491,04

COMPAGNIE D'ORLÉANS.

La Compagnie d'Orléans emploie, sur les sections de son réseau les plus fréquentées, les rails d'acier.

Ces rails, fabriqués, soit par le procédé Bessemer, soit par le procédé Martin, sont fournis par les usines françaises qui ont monté les appareils nécessaires à ces systèmes de fabrication, savoir : Imphy, le Creusot, Terre-Noire, Firminy et Commentry.

Sauf de rares exceptions, les rails d'acier employés sur le réseau d'Orléans sont tous du système à double champignon et leur forme ne diffère pas de celle en usage pour les rails ordinaires.

Le poids du rail par mètre linéaire, qui est de 36 kilogrammes pour les rails en fer, est un peu supérieur pour les rails d'acier, à cause de la différence de densité des deux métaux, et peut être évalué moyennement à 37 kilogrammes.

Les rails ont $5^{m},50$ de longueur et sont éclissés en porte-à-faux et reposent, par l'intermédiaire de coussinets en fonte, sur six traverses en chêne, ce qui donne un espacement moyen de traverses de $\frac{5^{m},5}{6}$, ou 916 millimètres.

Le coussinet pèse $9^{kg},50$ et présente une surface de base de 324 centimètres carrés. »

DES TRAVERSES.

Les traverses sont les supports placés sous les rails transversalement à la voie. On commence, ainsi que nous l'avons vu, à employer des traverses métalliques;

mais l'usage en est peu répandu et c'est encore la traverse en bois qu'on rencontre presque partout et qui donne les meilleurs résultats malgré ses graves inconvénients. Les dés en pierre ont pour ainsi dire disparu ; cependant il paraît que sur certains points on les a remis en pratique.

Les traverses en pierre ne sont pas admissibles, parce qu'elles manquent d'élasticité et de résistance à la traction et qu'elles se brisent au moindre choc et au moindre défaut de bourrage.

On fait les traverses en bois dur qui ne s'injecte pas, ou en bois tendre, dont on augmente la durée en l'injectant de liquides antiseptiques.

La longueur des traverses varie de $2^m,40$ à $2^m,80$ dans la voie ordinaire; une traverse de trop faible longueur se déchausse par les vibrations et manque de solidité ; dans une traverse trop longue, l'excédant de longueur ne sert à rien, parce que le bourrage est incomplet. La longueur de $2^m,60$ à $2^m,70$ est une bonne dimension.

La largeur des traverses varie de $0^m,20$ à $0^m,35$; $0^m,20$ est trop faible et la traverse tend à couper le ballast ; $0^m,35$ donne une traverse un peu lourde qu'il faut réserver pour les joints des rails. Une bonne largeur est comprise entre $0^m,25$ et $0^m,30$, soit $0^m,28$ en moyenne.

La hauteur, variable suivant la forme et l'essence de la traverse, est comprise entre $0^m,12$ et $0^m,15$. Sur une grande ligne, on ne descend guère au-dessous de $0^m,14$.

Si l'on prend une traverse de $2^m,60$ de longueur et de $0^m,30$ de largeur, elle repose sur le sol par une surface de 7,800 centimètres carrés; au passage d'un essieu pesant 13 tonnes, elle transmet donc au ballast une charge de $1^{kg},67$ par centimètre carré, et, comme le bourrage du ballast doit être fait surtout sous les rails et non dans la partie centrale de la traverse, il peut arriver que la traverse ne porte sur le ballast que par la moitié de sa surface; dans ce cas, elle transmet au ballast une pression de près de 4 kilogrammes par centimètre carré.

On voit que la pression élémentaire peut être considérable et qu'il est important de veiller au bourrage de la traverse et de la poser par une surface assez large sur un massif incompressible.

Voici quelques dimensions de traverses :

DÉSIGNATION.	LONGUEUR.	LARGEUR.	HAUTEUR.	CUBE.
Orléans. — Chêne équarri ; traverses ordinaires. — — traverses de joints..	mètres. 2.50 à 2.70	mètres. 0.20 à 0.24 0.30 à 0.34	mètres. 0.14 à 0.16	m. c. 0.07 à 0.137
Orléans. — Hêtre et pin équarris. . . . . . . — Traverses de joints.	Id.	0.19 à 0.28 0.29 à 0.35	0.12 à 0.15	»
Est. — Traverses équarries ordinaires. . . . . Traverses de joints.	2.55 à 2.75 »	0.21 à 0.26 0.27 à 0.30	0.13 à 0.18	»
Est. — Traverses demi-rondes.	2.55 à 2.75	0.26 à 0.36	0.14 à 0.18	Moyenne 0.11

La meilleure traverse est la traverse en chêne ; elle est préférée partout où on

peut se la procurer à un prix raisonnable. Sa ténacité donne aux attaches par chevillettes ou crampons une grande solidité. Elle résiste au bourrage le plus énergique. Sa rigidité répartit plus également la pression sur le ballast et donne, en conséquence, plus de stabilité à la voie. Enfin, sa durée est bien plus longue.

La traverse en chêne serait hors de prix si on n'avait pas eu recours au bois blanc dont on prolonge la durée par des injections de matières antiseptiques. Lorsqu'une traverse en chêne renferme de l'aubier, cet aubier peut s'injecter aussi et il prend alors une durée comparable à celle du bon bois.

A défaut de chêne, on emploie pour la confection des traverses le hêtre, le sapin et le pin. Dans certains pays, on a recours au mélèze ou laryx ; le mélèze des montagnes a une grande résistance.

Dans le chapitre VI de notre Traité de l'exécution des travaux, nous avons donné des notions de physiologie végétale, nous avons indiqué l'époque et les procédés d'abatage ; nous avons décrit les diverses espèces des bois d'Europe et des bois exotiques, leurs qualités, leurs défauts et leurs maladies, la manière de reconnaître un bon bois; nous avons montré les causes de destruction des bois abattus ou mis en œuvre ainsi que les procédés de conservation auxquels on a eu recours. Nous prierons donc le lecteur de vouloir bien se reporter à ce Traité, et nous ne dirons que quelques mots des procédés de conservation des bois :

Il y a trois systèmes de procédés de conservation :

1° Les enduits;

2° L'injection dans la masse entière de substances antiseptiques;

3° La carbonisation superficielle ou flambage.

1° Les enduits ne s'appliquent guère qu'aux bois aériens; appliqués sur des bois qui ne seraient pas complétement secs, ils en déterminent la fermentation et la vermoulure.

2° L'injection de substances antiseptiques a pour effet de chasser en grande partie la séve et les substances azotées fermentescibles qu'elle renferme et de coaguler le reste. Les principaux antiseptiques en usage sont : le sulfate de cuivre, le sublimé corrosif ou bichlorure de mercure, le chlorure de zinc et surtout la créosote.

L'injection par immersion simple à froid ou à chaud ne peut donner une pénétration considérable ; cependant elle paraît produire de bons effets surtout lorsqu'il reste de l'aubier à la surface des pièces ; M. Bethell combine l'immersion à chaud avec un chauffage préalable à l'étuve. Tout le monde connaît le procédé Boucherie qui permet d'injecter des arbres sur pied ou récemment abattus ; M. Boucherie eut recours d'abord au pyrolignite de fer, puis au vitriol ou sulfate de cuivre.

En 1831, M. Bréant inventa le procédé d'injection par la pression ou par le vide. Ce procédé appliqué d'abord par MM. Legé et Fleury l'est maintenant sur une vaste échelle pour l'injection de la créosote.

3° La carbonisation superficielle ou flambage exerce une grande influence sur la durée des bois, ainsi qu'on le sait depuis longtemps. M. de Lapparent eut l'idée de produire ce flambage au moyen du jet enflammé d'un chalumeau à gaz ; l'appareil Hugon a permis d'appliquer ce procédé à une pièce quelconque.

Les traverses de hêtre, injectées au sulfate de cuivre, offrent un grave inconvénient : c'est l'oxydation rapide des chevilles en fer qui les pénètrent ; après six années. ces traverses se sont montrées pourries sur tous les points où elles

étaient en contact avec le métal, fonte ou fer. Le même phénomène ne se produit pas au même degré d'intensité avec les traverses en pin maritime.

La galvanisation des chevilles et tire-fonds protége les attaches du rail dans les traverses injectées de matières qui provoquent l'oxydation du fer.

Quoi qu'il en soit, les traverses en bois blanc sont toujours inférieures aux traverses en chêne; l'attache du rail est beaucoup moins résistante, et l'opération du bourrage ne tarde pas à émousser les arêtes de la traverse; celle-ci perd donc de sa stabilité, elle devient mobile et répartit mal les pressions. Si les substances injectées sont solubles, elles sont entraînées par les eaux et la traverse délavée est beaucoup moins résistante qu'avant la préparation.

Nous trouvons dans les résolutions du congrès des ingénieurs des chemins de fer d'Allemagne, en 1868, la note suivante :

1° La durée des traverses est augmentée par l'injection bien faite;

2° Les substances qui ont donné le meilleur résultat pour la préparation des traverses sont la créosote, le chlorure de zinc et le sublimé corrosif.

3° La bonne qualité et la siccité des bois sont les conditions principales pour la réussite de la préparation : après quoi, la perméabilité du ballast a une influence capitale sur la durée des traverses;

4° Comme exemple de l'efficacité de l'injection des traverses, on cite le relevé fait pendant treize ans sur un chemin de fer. Le nombre des traverses de chêne injectées qui ont dû être remplacées a été d'une contre trois traverses non préparées; pour les traverses en pin le rapport a été de deux à cinq.

Durée des traverses : 1° Chêne. Des traverses en bon chêne peuvent durer 20 ans et plus, avec un bon ballast et une faible circulation. Mais, sur une grande ligne dans des conditions ordinaires, il ne faut pas compter sur plus de 12 à 15 ans; dans un terrain imperméable, la durée peut descendre à 8 ans et même à 6 ans, mais ce sont là des cas tout à fait exceptionnels; la durée du chêne préparé (le cœur ne s'injectant pas) atteint 25 ans.

2° Le sapin dure rarement plus de 7 ans ; en moyenne, il ne faut pas compter sur plus de 4 à 5 ans, souvent il doit être remplacé au bout de 3 ans. Le sapin, injecté au sulfate de cuivre, dure à peu près autant que le chêne non préparé, c'est-à-dire 12 à 14 ans; cependant cette durée paraît un peu forte, et il est prudent de ne pas compter sur plus de 10 ans. Avec le chlorure de zinc, la durée est un peu plus considérable.

3° Le pin dure 5 à 6 ans dans les pays froids et secs, deux ans seulement dans les pays chauds et humides. Préparé, il atteint une durée d'une dizaine d'années.

4° Le hêtre non préparé ne dure que peu de temps; il se décompose avec une grande rapidité et se trouve hors de service après trois ans au plus passés dans le ballast. Injecté, il se conserve une dizaine d'années.

5° Le mélèze des montagnes résiste pendant 10 à 15 ans; celui des vallées peut périr en six ans.

Les bois exotiques, tels que le teak, ont une durée plus considérable que celle de nos bois d'Europe, mais ils coûtent cher, et l'usage n'en est guère répandu si ce n'est dans les pays de production et sous les climats chauds et humides qu détruisent les bois ordinaires en quelques mois.

Les bois susceptibles de fournir des traverses ont au moins $0^{m},25$ de diamètre; alors ils ne donnent qu'une traverse (figure 6, planche VI) et encore les parties latérales renferment-elles de l'aubier, on s'expose à voir ces partie latérales tomber en pourriture et la traverse se transformer en un bois rond dénué de stabilité.

Un arbre de $0^m,30$ peut donner deux traverses demi-rondes, dans lesquelles on conserve de l'aubier; lorsque le bois est bien injecté, la présence de l'aubier n'offre pas de graves inconvénients, figure 7.

Dans une section de $0^m,35$ de diamètre, on trouvera deux bonnes traverses dont la base inférieure sera équarrie et les arêtes de la base supérieure seront abattues en chanfrein, figure 8.

Avec des diamètres supérieurs, on extrait des arbres un nombre variable de traverses, et l'on doit diriger les plans de sciage de manière à utiliser le bois le mieux possible, sans cependant conserver trop d'aubier. Ainsi, dans un arbre de $0^m,60$ à $0^m,70$ de diamètre, on trouvera six traverses; celles du milieu seront des traverses de joint; les quatre autres, moins larges et plus chargées d'aubier feront des traverses intermédiaires, fig. 9.

Les prix de préparation des traverses sont de :

$1^f,30$	la pièce	par le procédé Boucherie.
$1^f,50$	—	pour le créosotage sous pression.
$0^f,50$	—	pour l'injection par immersion dans un bain chaud de sulfate de cuivre.
$0^f,30$	—	pour la carbonisation.

Bague Desbrières. — Le principal motif qui a porté quelques ingénieurs à rejeter le rail Vignole malgré ses avantages sur le rail à double champignon, c'est l'imperfection que présente le mode de fixation du rail Vignole sur les traverses.

Un rail est soumis à deux genres d'actions : des efforts verticaux et des efforts horizontaux.

Les efforts verticaux ne paraissent point au premier abord devoir déterminer des déformations au point d'attache; mais si on réfléchit que le rail fléchit sous la roue, on voit qu'il tend à soulever les crampons d'attache du rail sur la traverse, et cette tendance n'est combattue que par l'adhérence du crampon dans son trou. Or le poids d'une roue appliqué au milieu d'une portée entre deux traverses a pour bras de levier la demi-longueur de la portée, tandis que le bras de levier de la résistance du crampon n'est que la demi-largeur de la traverse; pour que les deux efforts se fissent équilibre, il faudrait, comme le calcul l'indique, que la résistance du crampon à l'arrachement atteignît 14,000 kilogrammes, ce qui est impossible. Donc, quel que soit le crampon, il sera soulevé verticalement, et la coïncidence entre sa tête et le patin du rail disparaîtra rapidement.

Il est facile de mettre ce fait en évidence : il suffit pour cela de chercher à glisser une carte entre la tête du crampon et le patin; l'opération réussit toujours.

Ainsi il est impossible de s'opposer à ce déplacement vertical du crampon : il y aurait du reste, dit M. Desbrières, peu d'intérêt à empêcher absolument la séparation du rail et de la traverse, car le tassement inégal du ballast sous la traverse étant, dans tous les cas, à peu près inévitable, les traverses les plus tassées, au lieu de se séparer du rail, se trouveraient alors suspendues au-dessus du ballast sous-jacent, et la dislocation de la voie dans ces conditions, sous le passage des véhicules, n'en serait peut-être que plus à redouter.

Les actions horizontales sont susceptibles de produire le renversement du rail autour de l'arête extérieure du patin ou le glissement du rail transversalement à la voie dans le sens de la longueur de la traverse.

Le renversement du rail ne tend jamais à se produire, car on reconnaît bien

vite que les crampons du dehors sont aussi relâchés que les crampons de l'intérieur ; d'un autre côté, si cette tendance au renversement était capable de soulever le crampon indépendamment de l'effort vertical dont nous parlions tout à l'heure, il est évident que le mouvement une fois commencé ne s'arrêterait pas et que le renversement total du rail se produirait, ce qu'on ne remarque jamais. Ainsi, le renversement du rail n'est aucunement à craindre et la résultante des actions auxquelles il est soumis tombe toujours à l'intérieur de la base du patin.

Il reste donc à se préoccuper uniquement de conserver invariables : 1° le calibre de la voie ou écartement des deux rails ; 2° l'écartement dans les joints d'une file de rails.

La variation du calibre produit un mouvement de lacet désagréable, dangereux et destructeur et amène des déraillements ; l'entraînement des rails, qui se produit dans le sens du mouvement sur les paliers et les petites pentes et dans le sens de l'inclinaison sur les fortes pentes, est très-grave, les joints se resserrent surtout au pied des rampes, et, lorsque la chaleur arrive, la voie se gondole, les rails se soulèvent et des déraillements sont à craindre. Les encoches ménagées dans le patin pour les crampons extrêmes de chaque rail suffisent à arrêter le déplacement longitudinal.

Reste à s'opposer au déplacement transversal. A cet effet, on a d'abord étudié les systèmes d'attache, et on a eu recours :

1° Aux crampons ou clous à crochet à section uniforme dans la longueur
2° Aux crampons avec renflement à la partie inférieure.
3° Aux crampons barbelés.
4° Aux vis à bois à pas allongé, s'enfonçant au marteau.
5° Aux vis à bois, à pas de 5 à 10 millimètres, s'enfonçant à la clef.
6° Aux boulons traversant la traverse et ayant leur écrou sous cette traverse.

Le crampon avec renflement inférieur est mauvais, en ce sens que sa partie supérieure ne porte point contre les parois du trou et qu'il arrive rapidement à osciller dans le sens transversal.

La tige barbelée et la vis à bois sont incapables, tout comme les autres attaches, de résister à l'effort du soulèvement vertical; elles sont donc soulevées, mâchent le bois sur toute la hauteur du trou, qui se trouve ainsi agrandi et permet le jeu du crampon.

Quand on se sert de boulons perçant la traverse sur toute sa hauteur avec écrou sous la traverse, celui-ci, sollicité par l'effort vertical, pénètre dans la traverse et le boulon se desserre ; pour le resserrer, il faut dégager complétement la traverse ; c'est une opération longue et coûteuse.

En somme, c'est le gros clou à crochet à section uniforme qui a le mieux réussi, il s'applique exactement contre les parois du trou et, lorsqu'il est soulevé, on le remet facilement en place à coups de marteau : c'est un entretien facile.

Avec des traverses en bois dur (chêne ou hêtre), soigneusement entaillées à la machine, ce crampon suffit à s'opposer au déplacement transversal.

Mais avec des traverses tendres (pin, sapin), les crampons, sous l'influence des efforts latéraux écrasent les fibres du bois formant les parois de leur trou ; ils prennent un jeu considérable et sont soulevés par la moindre action verticale : les bords du patin eux-mêmes viennent presser contre la face extérieure de l'entaille et ne tardent pas à la désagréger, le calibre de la voie n'est plus maintenu et la circulation devient détestable. Le mal est surtout accusé dans les courbes,

et le déplacement transversal peut devenir assez considérable pour que les crampons sortent de leurs encoches et permettent au déplacement longitudinal du rail de se produire.

En Allemagne, on s'est servi aux joints de plaques en fonte supportant les rails et dans lesquelles passent les quatre crampons; les crampons intérieurs et extérieurs sont ainsi rendus solidaires et les efforts transversaux se trouvent répartis dans une surface double. Mais ces plaques ne peuvent être fixées dans une entaille parce qu'elles affaibliraient trop la traverse; elles sont donc simplement posées sur la traverse; comme elles ne peuvent être fixées d'une manière invariable, elles ballottent entre le rail et la traverse et il en résulte des claquements perpétuels.

C'est donc une solution médiocre.

M. Desbrières, chargé de la construction des voies algériennes et forcé d'employer des traverses en pin des Landes, injecté au sulfate de cuivre, eut l'idée d'enchâsser la partie supérieure du crampon dans une bague en fonte préalablement logée dans la traverse, figures 6 et 7, planche V. De la sorte, la pression transversale est transmise à une surface de bois d'environ 2600 millimètres carrés, tandis que la surface résistante d'un crampon isolé n'est que de 1350 millimètres carrés.

Avec la plaque de joint qui est censée rendre les deux crampons solidaires, on ne réaliserait donc qu'une surface d'appui égale à celle qu'on obtient avec la bague : chaque bague pèse $0^{kg},250$ et peut valoir $0^{fr},075$. C'est une dépense de 300 francs par kilomètre de voie simple, tandis que les plaques de joint, bien inférieures, à la bague occasionnent une dépense de 430 francs.

La bague Desbrières a bien répondu à ce qu'on en attendait, et l'usage s'en est développé sur bon nombre de lignes.

DU BALLAST.

Le ballast est cette couche, généralement composée de sable, de gravier ou de caillou cassé, qui reçoit les traverses et la voie et qui a pour mission de transmettre les pressions jusqu'au sol naturel.

Le mot anglais *ballast* veut dire lest; l'origine en vient de ce que dans les premiers chemins de fer on établit la voie sur les cailloux pris aux amas de lest déposés par les navires.

Si les traverses s'appuyaient directement sur le sol, elles ne tarderaient pas à s'y enfoncer, car la terre s'amollit facilement, se comprime et se boursoufle latéralement; l'écoulement des eaux ne se ferait pas, et les traverses, exposées à séjourner dans l'humidité, n'auraient qu'une faible durée. Ce n'est que pour des voies provisoires, ou dans des terrains de composition toute spéciale qu'on peut se permettre de poser directement les traverses sur le sol; pour l'assèchement de la voie, il est nécessaire qu'elle soit établie sur un massif élevé au-dessus du sol; lors donc que le terrain présentera les qualités d'un bon ballast, il faudra néanmoins le fouiller et transformer en remblai le produit des fouilles.

Une voie, posée directement sur de la maçonnerie, c'est-à-dire sur un corps incompressible, est d'une grande dureté; la maçonnerie ne tarde pas du reste à se désagréger par les chocs. Ainsi, sur les ouvrages d'art, il est nécessaire d'avoir

une couche de ballast au moins aussi considérable que celle dont on dispose en rase campagne.

Un bon ballast doit être :

1° Très-perméable, afin de donner aux eaux un écoulement rapide et de maintenir la voie dans un état constant de siccité;

2° Suffisamment mobile pour se prêter en tout temps au bourrage, et permettre à la voie une certaine élasticité qui adoucit la circulation;

3° Ni gélif, ni argileux, car alors il est exposé à perdre sa mobilité, à se transformer en une masse pâteuse, qu'on ne peut manier et qui donne une voie détestable;

4° De dimensions suffisantes pour ne point fournir de poussière au passage des trains ou sous le souffle du vent; cette poussière incommode le voyageur, pénètre dans les organes des machines, les corrode et les détériore en peu de temps.

Le gros sable siliceux ou gravier et les composés similaires formés d'éléments peu compressibles, mais suffisamment mobiles les uns par rapport aux autres, constituent un excellent ballast; ils possèdent la propriété de l'arc-boutement, c'est-à-dire de transmettre sur les parties résistantes de leur base d'appui, les pressions exercées à leur face supérieure. C'est l'arc-boutement qui donne au sable toutes les qualités qu'on lui reconnaît pour l'établissement des fondations dans les terrains vaseux. Il transmet les pressions sur toute la surface de base et les répartit ainsi sur une grande étendue; une pression considérable qui, localisée, eût déformé le sol, est sans action sur lui lorsqu'elle est convenablement répartie.

Le meilleur ballast est donc le gros sable de rivière, dépourvu d'argile; dans les grandes vallées, on trouve du sable d'alluvion, qui souvent est presque aussi bon que le sable de rivière.

A défaut de gros sable, on a recours à de la pierre siliceuse cassée de manière à passer en tous sens dans un anneau de $0^m,06$ de diamètre; mais la pierre cassée donne une voie plus dure et se prête moins bien aux travaux de l'entretien. Jamais on ne doit mélanger le sable et la pierre cassée; ce mélange produit mauvais effet.

La pierre calcaire, qui se réduit en pâte et qui est gélive, doit être absolument rejetée comme ballast.

A défaut de produits naturels, on a recours à des produits artificiels, tels que les briques cassées, les laitiers de hauts fourneaux, la houille non pyriteuse (c'est un bon ballast, mais assez coûteux), etc.

Un mauvais ballast rend l'entretien très-difficile, quelque soin et quelque dépense qu'on y consacre, il entraîne une détérioration rapide de la voie et du matériel. Il faut donc ne faire aucune économie sur ce chapitre.

DE LA LARGEUR DE VOIE.

Les considérations théoriques développées au premier chapitre de cet ouvrage nous ont conduit aux résultats suivants :

1° Le jeu de la voie, la conicité des bandages et le rayon des roues des véhicules ne changeant pas, le rayon-limite des courbes que l'on peut admettre dans un tracé et qui sont telles que le matériel circule dans ces courbes aussi bien

qu'en ligne droite, ce rayon-limite varie proportionnellement à la largeur de voie. Donc, avec une voie étroite on pourra adopter des courbes de petit rayon, avec une large voie des courbes de grand rayon seront nécessaires.

2° Le jeu des plaques de garde dans les rainures des boîtes à graisse et l'écartement des essieux restant fixes, le rayon-limite des courbes que l'on peut admettre varie encore proportionnellement à la largeur de voie.

Ainsi, le minimum du rayon des courbes admissibles est intimement lié à la largeur de voie.

Or, ce qui constitue la principale difficulté des tracés de chemins de fer, ce qui entraîne dans des dépenses considérables de terrassements et d'ouvrages d'art, c'est précisément l'obligation où l'on se trouve d'adopter de grands rayons.

Donc, si l'on veut construire des chemins de fer économiques, il faut pouvoir réduire le rayon minimum des courbes, ce à quoi on arrivera en réduisant la largeur de voie.

Qui dit chemin de fer économique ou d'intérêt local, devrait dire en même temps : chemin à voie étroite.

Cependant, la voie étroite n'a guère reçu d'application en France, au grand détriment de la richesse publique. On a voulu partout raccorder les petites lignes aux grandes et permettre au matériel de passer à volonté des unes sur les autres ; ce faisant on s'est proposé d'éviter les transbordements dont on s'exagérait l'importance et la difficulté. D'abord, les transbordements s'effectuent toujours en assez grande quantité, car les wagons sont rarement complets pour une même destination; ensuite, il était facile de disposer de la grande à la petite ligne, et inversement, des voies étagées avec plans inclinés permettant un transbordement rapide et facile.

En adoptant partout la voie large, on a englouti un capital considérable qui, en plus d'un point, ne trouvera pas un salaire suffisant; de plus, les petites compagnies sont forcées d'avoir un matériel bien plus considérable qu'il n'est nécessaire pour leur exploitation, et c'est là une nouvelle cause de dépense.

Bien que ce court exposé suffise à élucider la question, le sujet est trop important pour que nous ne présentions pas ici l'historique des variations de la largeur de voie.

Enquête faite en Angleterre en 1845 sur la largeur de voie. M. l'ingénieur Le Chatellier a rendu compte de cette enquête, et nous trouvons dans son rapport les faits suivants:

A l'origine des chemins de fer anglais on a donné généralement à la voie une largeur de 1^{m},435 mesurés entre les bords intérieurs des rails; c'était la largeur adoptée par Stephenson pour le chemin de Liverpool à Manchester; on la conserva dans toutes les lignes nouvelles.

La seule exception à la règle, exception systématique, est celle que présente le Great-Western. Brunel fils, préoccupé, en 1835, de la nécessité prochaine d'augmenter la puissance des locomotives, fit adopter à la compagnie dont il était le directeur une largeur de voie de 2^{m},134.

En 1845, les inconvénients de cette large voie se faisaient énergiquement sentir, et voici les conclusions de la commission d'enquête instituée pour examiner les plaintes générales :

1° Pour ce qui concerne la sûreté, la commodité et la convenance des voyageurs, il n'existe pas de motif décidé de préférence en faveur de l'une ou de l'autre des deux voies, si ce n'est que sur la voie large, le mouvement était généralement plus doux à de grandes vitesses.

2° Sous le rapport de la vitesse l'avantage est à la voie large ; mais, dans la pensée de la Commission, la sécurité publique serait compromise, si l'on employait les ressources de la voie large pour obtenir des vitesses supérieures à celles en usage, à moins que les voies ne fussent consolidées ou établies plus solidement et avec plus de perfection que les voies existantes.

3° Au point de vue commercial, pour le transport des marchandises, la voie étroite présente plus d'avantage que la voie large, et se prête mieux aux convenances du trafic du pays.

4° La voie large entraîne des frais de premier établissement plus considérables ; mais il a été impossible de découvrir s'il existait, soit dans l'entretien de la voie, soit dans les frais de locomotion, soit dans les autres dépenses d'exploitation, quelques causes d'économie capables de compenser l'excédant des frais de premier établissement.

La Commission, considérant que l'intérêt des voyageurs, en nombre relativement assez restreint, qui pouvaient désirer le maintien de la circulation à grande vitesse, ne pouvait pas être mis en balance avec l'intérêt commercial du pays, et que, par suite, s'il était nécessaire d'arriver à l'uniformité de largeur de voie, c'était la voie large qui devait être réduite aux dimensions de la voie étroite, d'autant plus qu'elle ne présentait en exploitation que 441 kilomètres contre 3059 de voie étroite, considérant enfin que le rétrécissement de l'une, à longueur égale, serait moins coûteux que l'élargissement de l'autre, fut conduite en dernière analyse à formuler l'avis suivant :

1° Que la voie de $1^m,435$ fût déclarée, par le pouvoir législatif, la voie normale applicable à tous les chemins en construction ou à construire dans la Grande-Bretagne ;

2° Qu'à moins d'une autorisation expresse de la législature, il fût interdit aux directeurs de toute compagnie de modifier la largeur de la voie de sa ligne ;

3° Que pour compléter la chaîne des voies de communication à petite largeur, du nord de l'Angleterre aux côtes du sud, il convenait de provoquer l'établissement d'un chemin de fer à voie étroite d'Oxford à Reading et de là à Basingstoke, ou, par toute autre direction plus courte, de réunir le chemin projeté de Rugley à Oxford avec la ligne du South-Western ;

4° Que toute jonction à établir avec une ligne à large voie devant entraîner une rupture de charge, si le premier paragraphe était adopté, il y aurait un grand avantage commercial à réduire la voie des lignes à grande largeur, existantes, à la voie uniforme de $1^m,435$; qu'en conséquence, il serait désirable que l'on pût trouver quelque moyen équitable pour rétablir l'uniformité de la voie, ou tout au moins quelque combinaison qui permît de faire passer, sans rupture de charge et sans danger, les voitures de la voie étroite sur la voie large. »

Largeur de voie en France. — La largeur de voie adoptée en France, par imitation des premières lignes anglaises, est de $1^m,50$ d'axe en axe des rails, ce qui correspond à $1^m,44$ entre leurs bords intérieurs, ou $1^m,45$ lorsqu'on veut augmenter le jeu de la voie.

Il n'est pas possible aujourd'hui de modifier cette largeur de voie, et il faut l'accepter telle quelle ; mais il eût sans doute été préférable qu'on eût adopté, pour nos grandes lignes à trafic considérable et à tracé perfectionné, une largeur de voie supérieure à $1^m,50$ et intermédiaire entre cette dimension et celle du Great-Western. Une voie de $1^m,80$, par exemple, eut permis de recourir à des machines plus puissantes et de satisfaire plus facilement les besoins du trafic.

Largeur de voie à l'étranger. — Les nations étrangères ont souvent adopté des largeurs de voie différentes de la nôtre; on paraît s'être surtout préoccupé des nécessités de la défense du territoire, et on a voulu pouvoir, à un moment donné, s'isoler complétement des pays voisins.

Ainsi, le duché de Bade avait une largeur de voie de 1m,60, que depuis il a réduite à la largeur normale.

En Russie, la largeur de voie adoptée est de 1m,58, entre les axes des rails.

En Espagne, la largeur de voie adoptée est de 1m,80, entre les axes des rails.

Aux États-Unis, la largeur de voie varie de 1m,44 à 1m,83, entre les axes des rails.

Dans l'Inde anglaise, la largeur est de 1m,68, entre les axes des rails.

En Norwége, la largeur de voie est de 3 pieds 6 pouces anglais (1m,07), ce qui a permis d'établir, sans une trop forte dépense, un réseau assez considérable dans un pays où la densité de la population est très-faible.

Applications de la voie étroite ; ligne de Mondalazac. — En France, l'application la plus connue de la voie étroite est celle de la ligne de Mondalazac, construite par MM. Thirion et Bertera.

Cette petite ligne (figures 8 et 9, planche V) a 7 kilomètres de longueur. Les rayons de courbure varient de 40 à 100 mètres. L'inclinaison maxima est de 12 millimètres. La voie a 1m,10 de largeur dans œuvre. Elle est formée de rails Vignole éclissés, pesant 16kg,5 par mètre courant, et posés sur traverses en chêne espacées de 0m,75. Construite pour desservir les mines d'Aubin, qui appartiennent à la Compagnie d'Orléans, la ligne de Mondalazac fut exploitée d'abord à traction de chevaux, puis on eut recours à de petites locomotives à quatre roues couplées, pesant un peu plus de 9 tonnes et circulant facilement dans des courbes de 60 mètres de rayon ; ces locomotives ont coûté 45,000 francs la paire.

Le tableau suivant montre la différence entre la traction par chevaux et la traction par machines :

	TRACTION PAR CHEVAUX.	TRACTION PAR MACHINES.
	francs.	francs.
Frais de traction par kilomètre	0.059	0.022
Frais d'entretien des wagons	0.006	0.006
Frais d'entretien de la voie	0.010	0.014
TOTAL	0.075	0.042

Ces résultats correspondent à un tonnage de 36,000 tonnes par an ; avec un tonnage de 50,000 tonnes, les frais de transport n'atteignent que 0fr,033 par tonne et par kilomètre.

L'établissement de l'infra-structure, y compris le ballast, a coûté 21,500 francs par kilomètre ; le matériel de la voie et l'installation des embarcadères, 12,000 francs ; le matériel roulant, 16,850 francs, soit un nombre rond total de 50,000 francs le kilomètre.

La dépense d'exploitation s'est élevée à 2,124 francs par kilomètre et par an elle n'eût pas beaucoup augmenté pour un tonnage double.

Le chemin de Mondalazac avait surtout pour objet de desservir un centre industriel ; ce n'est qu'après la création qu'on a adjoint au transport des marchandises le transport des voyageurs. Mais MM. Thirion et Bertera ont nettement montré tous les avantages que présenterait le système pour la construction des lignes d'intérêt local.

« M. Bertera suppose une ligne de 25 kilomètres devant satisfaire aux besoins d'une circulation moyenne de 120 voyageurs par jour et de 40,000 tonnes de marchandises par année, susceptible conséquemment de donner, à raison de 7 centimes par voyageur et 10 centimes par tonne de marchandises, un produit brut total de 7,000 francs par kilomètre. En admettant six trains réguliers dans chaque sens, M. Bertera trouve que le matériel devrait être composé de 6 locomotives, 25 voitures à voyageurs, 40 wagons couverts et 60 wagons découverts, coûtant ensemble 510,000 francs, soit 20,400 francs par kilomètre. Le matériel de la voie restant, comme dans l'exemple précédent, évalué à 19,000 francs, la dépense totale à la charge des concessionnaires, dans le système de la loi, s'élèverait à 40,000 francs en nombre rond. Les frais d'exploitation sont évaluées à 4,620 francs par kilomètre, en supposant que la vitesse en marche n'excède pas 30 kilomètres à l'heure, qu'il n'y ait pas de service de nuit, et que la recette des voyageurs soit faite généralement par les conducteurs des trains. Il resterait, en conséquence, un produit net de 2,380 francs, soit l'intérêt à 6 pour 100 du capital à fournir par les concessionnaires.

Cet ensemble de faits et de calculs démontre d'une manière incontestable que les chemins de fer à petite section sont appelés à rendre des services dans un certain nombre de cas, où l'établissement de la grande voie n'est pas possible.

Il semble, dès lors, qu'il serait contraire à l'intérêt public de ne pas les admettre au partage des dispositions libérales de la nouvelle loi. Le texte même du projet ne dit pas d'une manière formelle que les chemins de fer départementaux auront nécessairement la grande voie et le matériel semblable à celui du réseau principal. Mais le rapport est tout à fait explicite sur ce point, en sorte que l'intention n'est pas douteuse. C'est cette condition exclusive qu'il importe de faire disparaître; si le transbordement et les autres inconvénients qu'on peut opposer à la petite voie sont regrettables, la privation absolue l'est encore bien davantage. Il convient donc de laisser le choix aux intéressés, l'administration conservant, d'ailleurs, son droit absolu d'accorder ou de refuser les autorisations. Lorsque les conditions locales seront suffisantes pour l'adoption de la grande voie, ainsi que cela s'est présenté en Alsace, elle obtiendra la préférence. Au contraire, lorsque les revenus probables atteindront à peine la moitié de ce que les embranchement d'Alsace paraissent appelés à produire, ou lorsque les tracés avec courbes de 300 ou 200 mètres de rayon ne pourront pas être établis économiquement, il restera la ressource d'une voie moins puissante, sans doute, mais incomparablement supérieure, quoi qu'on puisse dire, aux voies ordinaires. Les départements pauvres ne seront pas entièrement déshérités. »

Lignes de Norwége. — En 1867, la longueur totale des lignes à voie étroite (1^m,067) exploitées en Norwége était de 132 kilomètres. La construction de ces chemins a coûté 67,450 francs par kilomètre.

Lorsque des considérations financières majeures firent adopter la voie et le poids réduits, on devait aussi s'attendre à voir diminuer en proportion la capacité de transport des lignes, mais on a jugé que ces nouveaux chemins suffiraient amplement aux exigences du service actuel. On a pensé qu'il y aurait plus

d'économie à construire plus tard, s'il le fallait, une double voie que de dépenser, dès l'origine, un capital dont les intérêts ne seraient couverts par les recettes que dans un avenir éloigné.

On a réussi à obtenir un matériel roulant, aussi stable que celui des grandes lignes. On s'est servi de rails Vignole, pesant 19 à 22 kilogrammes le mètre courant, réunis par des éclisses. La largeur du ballast au niveau des rails est de $2^m,60$ et son épaisseur $0^m,60$.

Ligne de Festiniog. — La ligne de Festiniog (pays de Galles) est le plus curieux spécimen de la voie étroite. D'une longueur de 21 kilomètres, elle a $0^m,61$ de largeur, avec des pentes de 17 millimètres et des rayons de 40 mètres. On substitua des locomotives aux chevaux qui opéraient la traction, et on installa un service de voyageurs, qui fonctionne en même temps que celui du transport des ardoises et de la houille.

Le rail pèse 15 kilogrammes par mètre courant.

La descente s'opère par l'effet de la pesanteur seule; les locomotives entraînent à la remonte des trains pesant en tout 50 tonnes, avec une vitesse de 16 kilomètres à l'heure.

Conclusion : — En adoptant presque partout une voie de largeur uniforme, on s'est privé des avantages économiques de la voie étroite, qui n'a plus guère d'application possible.

Il eût été plus logique de chercher à créer, à l'origine des chemins de fer, deux ou trois types de largeur de voie, en rapport avec le trafic à desservir et la recette probable; on eût imité de la sorte ce qui se fait naturellement pour les routes et chemins, dont on proportionne la largeur à l'importance de la circulation.

PROFIL EN TRAVERS D'UNE VOIE FERRÉE.

Nous avons vu comment la largeur de voie s'était trouvée fixée, par imitation des premières lignes construites à $1^m,44$ environ, soit $1^m,50$ entre les axes des rails.

Sur les chemins à deux voies, chaque voie dessert la circulation dans un sens; en France, les trains prennent toujours la voie qui se trouve à la gauche d'un observateur, regardant dans le sens du mouvement. Les deux voies ont donc leur existence propre et leur rôle bien distinct.

La largeur d'entre-voie dépend de la saillie des caisses des voitures ou des chargements des wagons et du jeu qu'on croit utile de ménager aux oscillations latérales des véhicules. Mais, sur beaucoup de lignes anciennes, on a commencé par se donner la largeur d'entre-voie et on en a déduit la largeur possible des véhicules, ce qui est une marche contraire à la logique.

D'ordinaire, l'entrevoie est de 2 mètres ; à l'origine des chemins de fer, on se bornait même à $1^m,80$, et on est descendu jusqu'à $1^m,60$ (Liverpool à Manchester) et jusqu'à 1 mètre (Lyon à Saint-Étienne).

Pour qu'un véhicule ait une stabilité convenable, on admet que sa largeur totale ne doit pas excéder le double de la base d'appui, c'est-à-dire le double de la distance qui sépare les bords extérieurs des deux rails, soit : $2 \times 1^m,56 = 3^m,12$.

Les voitures sont donc construites de manière à occuper cette largeur maxima, et d'ordinaire on se limite à 3 mètres ou $3^m,10$ entre les arêtes extérieures des

marchepieds ; le matériel américain, avec escaliers placés aux bouts des wagons et couloir longitudinal, se prête mieux à l'utilisation de toute la largeur disponible. La largeur de nos voitures à voyageurs entre les portières est d'ordinaire de $2^m,80$, et chaque portière ouverte occupe $0^m,60$.

Une voiture avec portière ouverte fait donc saillie de $1^m,40 + 0^m,60 - 0^m,75$ ou de $1^m,25$ sur l'axe du rail, et il faudrait au moins $2^m,50$ d'entre-voie pour que deux trains puissent passer côte à côte portières ouvertes.

Dans les lignes ordinaires, il doit donc être interdit d'ouvrir les portières du côté de la seconde voie, et il ne faut pas non plus circuler sur les marchepieds des voitures de ce côté.

Du côté de l'accotement, il faut, au passage d'un ouvrage d'art ou d'un tunnel, que la portière puisse à la rigueur se maintenir ouverte ; d'où la nécessité d'une saillie de $1^m,25$, et même de $1^m,30$ pour tenir compte des oscillations transversales.

L'arête supérieure de la portière se trouvant à $2^m,70$ au-dessus des rails, il faut que la largeur ménagée à cette hauteur entre les parois du passage et la verticale du rail soit au moins de $1^m,30$.

La largeur des souterrains et ouvrages d'art étant fixée à 8 mètres pour deux voies et à $4^m,50$ pour une voie, il en résulte que la circulation des piétons est dangereuse lors des passages des trains, car une portière peut se trouver ouverte ; sur les ouvrages d'art et souterrains de quelque longueur, on ménage donc, de place en place, des niches ou refuges pour les cantonniers et agents de l'entretien.

Les wagons couverts servant au transport des marchandises sont à peu près dans les mêmes conditions que les voitures ; mais, comme ils sont dépourvus de portières, on peut leur donner plus de largeur en réservant pour le passage un jeu suffisant de $0^m,15$ à $0^m,40$.

Sur les wagons à plates-formes, on se contente d'empiler les marchandises, que l'on recouvre d'une bâche ; comme on n'a que l'œil pour se guider, il est prudent de s'assurer avant le départ que la largeur n'est pas supérieure à la dimension réglementaire ; à cet effet, on fait passer le wagon sous un gabarit formé de tringles en fer, lequel est mobile autour d'un axe horizontal ; le chargement ne doit pas faire osciller le gabarit ; si une oscillation venait à se produire, elle serait immédiatement accusée par une sonnette fixée à l'axe de rotation.

La largeur maxima du chargement des wagons est d'ordinaire fixée à $3^m,20$, y compris l'amplitude possible des oscillations, ce qui fait $0^m,85$ de saillie sur l'axe du rail ; sur une entre-voie de 2 mètres, le jeu entre deux wagons se croisant ne sera donc que de $0^m,30$. Sur une entre-voie de $1^m,80$, le jeu descendrait à $0^m,10$, et il serait imprudent d'adopter une aussi forte largeur de chargement.

D'après le cahier des charges, la largeur entre le bord extérieur du rail et l'arête du ballast doit être d'au moins 1 mètre ; au pied du talus du ballast, le cahier des charges prescrit en outre de ménager sur la plate-forme de la voie un sentier de $0^m,50$ de large qui sert à la circulation et qui s'oppose à l'éboulement du ballast.

Le talus de celui-ci est réglé à $\frac{3}{2}$.
Son épaisseur est de $0^m,50$, qui se décompose comme il suit :
— $0^m,30$ sous la traverse.
— $0^m,15$ pour la hauteur de la traverse.
— $0^m,05$ sur la traverse.

Sur les ouvrages d'art et sur les plates-formes de rocher, il est prudent de poser $0^m,60$ de ballast, si l'on veut éviter une voie dure.

On reconnaît généralement aujourd'hui que les traverses enfouies dans le ballast se conservent beaucoup mieux et donnent une voie beaucoup plus stable, la pratique allemande, qui consiste à laisser les traverses à jour, n'est donc plus d'usage.

D'après les données qui précèdent, on peut établir, comme il suit, la largeur des chemins de fer à une ou deux voies :

CHEMIN A DEUX VOIES.

Entrevoie.	$2^m,00$
Deux largeurs de voie à $1^m,50$.	$3^m,00$
Deux demi-largeurs de rails.	$0^m,06$
Deux accotements en ballast de $1^m,00$.	$2^m,00$
Deux talus de ballast de $0^m,75$.	$1^m,50$
Deux banquettes de $0^m,50$ au pied du ballast.	$1^m,00$
Largeur totale.	$9^m,56$

Le plus souvent on adopte 10 mètres.

CHEMIN A UNE VOIE.

Largeur de voie.	$1^m,50$
Deux demi-largeurs de rails.	$0^m,06$
Deux accotements en ballast de $1^m,00$	$2^m,00$
Deux talus de ballast de $0^m,75$.	$1^m,50$
Deux banquettes de $0^m,50$ au pied du ballast.	$1^m,00$
Largeur totale.	$6^m,06$

Pour compléter ces notions, nous donnerons quelques exemples de profils en travers pour chemins à deux voies et à une voie.

CHEMINS A DEUX VOIES. Les figures 1 à 4 de la planche VII représentent les profils types d'un grand chemin de fer à deux voies, ligne de Lyon à Genève.

La figure 1 donne le profil type en remblai; la largeur de la plate-forme est de 10 mètres; les principales dimensions de la voie sont nettement indiquées sur le dessin, et il est inutile de les détailler ici. Dans les remblais douteux, on ménage de 4 mètres en 4 mètres de hauteur une banquette de 1 mètre de large. L'inclinaison des talus de remblai est de $\frac{3}{2}$.

La figure 2 donne le profil type en déblai. Le chemin a $7^m,40$ entre les arêtes supérieures du ballast et est flanqué de deux fossés de 2 mètres, dont la profondeur est de $0^m,75$; en dehors de chaque fossé et au pied du talus de déblai on trouve une banquette de $0^m,30$, ce qui porte à 12 mètres la largeur entre le pied des talus. Ceux-ci sont à 5 de base pour 4 de hauteur dans le terrain ordinaire.

Sur les figures 3, on voit le profil de déblai en rocher solide, affleurant le sol ou recouvert de terre. D'ordinaire le talus de rocher est à 1 de base pour 5 de hauteur; dans le rocher très-solide, on peut aller jusqu'au talus $\frac{1}{10}$.

On enferme le ballast entre deux murettes en pierres sèches, qui contre-butent suffisamment les traverses tout en ménageant la largeur; les déblais de rocher coûtant très-cher, on a voulu réduire, autant que possible, le cube à extraire.

La largeur totale de l'emprise au niveau des rails est de $9^m,20$.

On remarquera que dans les profils en déblai, on ménage en dehors de la

tranchée un fossé latéral destiné à recueillir les eaux que la pente naturelle du sol amènerait sur les talus.

La figure 4 donne un profil à flanc de coteau avec mur de soutènement; le fruit de ce mur est de $\frac{1}{8}$, et il est fondé sur des redans ménagés dans le rocher.

La gauche de la figure représente le profil de voie adopté sur les ouvrages d'art et la droite représente le profil en rocher déjà décrit.

Les figures 5 et 6, planche VII, donnent les profils-types en remblai et en déblai du chemin de fer de Grenoble à Montmélian.

La largeur totale de la plate-forme est réduite à 9m,60.

CHEMINS A UNE VOIE. Les figures 11 à 13 de la planche VII représentent les profils types de la ligne à une voie construite par la Compagnie de l'Ouest entre Saint-Brieuc et Pontivy.

Le profil type en remblai possède une largeur totale de 6m,10 en plate-forme; il est limité à des talus de 3 de base sur 2 de hauteur.

Le profil type en déblai a la même plate-forme que le précédent, mais elle est flanquée de deux fossés de 0m,90 en gueule et de 0m,30 de profondeur; les talus sont à 45°.

Le cube du ballast (déduction faite de 0m,10 pour les matériaux de la voie) est de 2m,30 par mètre courant.

Sur la figure 12 on voit le 1/2 profil de déblai en rocher; le talus du rocher est à $\frac{1}{4}$; le ballast est soutenu latéralement par des murettes. La largeur totale de la tranchée au niveau de la plate-forme est de 5m,50. Le cube du ballast, déduction faite de 0m,10 pour les matériaux de la voie, est de 1m,93; le cube de maçonnerie des murettes est de 0m,50 par mètre courant de voie, et leur surface de parement est de 1m,94.

La figure 13 donne le 1/2 profil de déblai dans une tranchée argileuse. Ces tranchées sont toujours ouvertes jusqu'à la plate-forme, suivant le profil ordinaire de déblai, comme l'indiquent les lignes pointillées, on remblaie ultérieurement derrière le perré. Le cube du perré par mètre courant de fossé est de 0m,96 avec une surface vue de 2m,37.

La figure 7, planche VII donne le profil type en remblai et déblai de la ligne d'intérêt local de Glos-Montfort à Pont-Audemer; la largeur de plate-forme est de 6 mètres, et l'épaisseur du ballast est de 0m,50. La voie est en rails à patin de 30 kilogrammes, posés sur des traverses de 2m,50 de long, 0m,20 de large et 0m,40 de haut; ces dimensions sont insuffisantes.

BRANCHEMENTS ET CROISEMENTS. — TRAVERSÉES. — PLAQUES TOURNANTES ET CHARIOTS.

Les appareils énumérés au titre précédent se rencontrent à l'intersection de deux ou plusieurs voies. Les croisements et traversées s'appliquent à des voies qui se coupent, sans que les véhicules puissent passer de l'une sur l'autre; les branchements et les plaques ont au contraire pour but de permettre aux véhicules de passer d'une voie sur une autre.

BRANCHEMENTS ET CROISEMENTS. Il y a branchement lorsqu'on raccorde une voie avec une autre, lorsqu'on divise en deux ou trois branches une voie considérée comme ligne principale.

Les bifurcations constituent des branchements simples et les trifurcations des branchements doubles.

La figure 1 planche VIII représente un branchement simple avec déviation à gauche.

La figure 2 planche VIII représente un branchement simple avec déviation à droite.

La figure 3 planche VIII représente un branchement simple avec déviation symétrique.

La figure 4 planche VIII représente un branchement double avec déviation symétrique.

Lorsque deux rails se coupent, il y a croisement, et, en terme technique, on donne le nom de *croisement* à l'appareil lui-même qu'on trouve au point d'intersection.

Un branchement simple est toujours suivi d'un croisement (*a*) et un branchement double de trois croisements (*a*).

Dans un branchement simple, on distingue deux parties : l'appareil de changement de voie ou aiguille et le croisement.

Ancien appareil de changement de voie. L'ancien appareil de changement de voie, aujourd'hui abandonné pour le système connu sous le nom d'*aiguille*, est très-simple et susceptible de rendre des services dans quelques cas particuliers.

Il s'agit (fig. 5, pl. VIII) de raccorder la voie V avec la voie V′ qui la coupe sous un certain angle, généralement très-faible; on ménage sur la voie principale deux rails (*ab*), (*a′b′*), rendus bien solidaires par une ou plusieurs entretoises transversales, et susceptibles de tourner autour des points *a* et *a′*, pour se mettre dans la direction des rails de la seconde voie V′.

Le mouvement de rotation d'une amplitude assez faible est facile à obtenir avec un levier à contre-poids agissant dans un plan transversal.

Lorsqu'un train est signalé, venant par exemple de la gauche de la figure, on sait sur quelle voie il doit se diriger et on manœuvre le changement en conséquence.

Si la manœuvre est fausse, le train ne déraille pas pour cela, il s'engage sur la voie qu'il ne devait pas suivre, s'arrête et revient en arrière.

Il n'y a donc pas de danger pour les trains venant de la gauche ; mais il n'en est pas de même pour ceux qui viennent de la droite ; si le changement n'est pas placé dans leur direction, ils ne trouvent plus de rails devant eux et un terrible accident est inévitable.

Les changements de ce genre sont donc très-dangereux lorsque la circulation doit se faire à volonté dans les deux sens, et il faut les proscrire. Mais, si la circulation doit être établie dans un sens unique, ils sont excellents, faciles à construire et à manœuvrer.

Le raccordement de la ligne V avec la ligne V′ n'est pas tangentiel, il est vrai, et il faut que les véhicules changent peu à peu de direction, grâce à la réaction du rail (*ac*) sur le mentonnet des roues ou par le jeu de la conicité ; mais cet inconvénient se fait toujours sentir à l'entrée en courbe, et on en atténue l'importance autant qu'on le veut en donnant au rail (*ac*) une longueur suffisante, ainsi que nous l'allons montrer.

L'espace (*bc*) entre l'extrémité du rail mobile (*ac*) et le rail fixe correspondant de la seconde voie doit être assez considérable pour livrer facilement passage aux mentonnets des roues les plus larges, sans quoi il se produirait contre le rail fixe des chocs funestes au matériel comme à la voie et capables de déterminer des

déraillements. Si l'on considère une voie de $1^m,45$ entre les bords intérieurs des champignons, les bandages des roues ont leurs faces verticales intérieures distantes entre elles de $1^m,36$, de sorte que dans la position moyenne des véhicules, les mentonnets des roues font à l'intérieur de la voie une saillie de $\frac{0^m,09}{2}$ ou $0^m,045$ sur le bord des rails.

Cette saillie représente, comme nous l'avons vu au chapitre Ier, l'épaisseur du mentonnet, plus le demi-jeu de la voie.

L'intervalle libre (*bc*) doit en conséquence être pris au moins égal à $0^m,045$; et, pour se tenir au large, il vaut mieux le prendre de $0^m,05$ et même $0^m,06$.

L'oscillation totale de l'extrémité (*c*) du rail mobile atteindra par suite $0^m,06$, plus deux fois la demi-épaisseur du champignon, soit $0^m,12 = a$.

Si l'on veut que le raccordement de la voie V' avec V se fasse par une courbe de 500 mètres de rayon, on aura pour déterminer la longueur x du rail mobile l'équation (figure 6, planche VIII) :

$$x^2 = a(2R - a) \quad \text{ou approximativement} \quad x = \sqrt{2Ra},$$

$$\text{pour } a = 0^m,12 \quad \text{et} \quad R = 500, \quad \text{on trouve} \quad x = \sqrt{120} = 11 \text{ mètres environ.}$$

Cette longueur serait trop forte pour un rail mobile, et on la réduirait à 8 ou 9 mètres, ce qui roidirait la courbe à l'origine; mais, comme les bifurcations sont toujours franchies à vitesse ralentie, l'inconvénient n'est pas grand.

Le changement de voie que nous venons de décrire a été appliqué par Clapeyron à l'embranchement de la ligne de Paris à Saint-Germain et de la ligne de Paris à Versailles, près Asnières; la voie descendante est commune, figure 7, planche VIII, mais chaque ligne a sa voie montante. Il n'y a donc sur le branchement qu'une circulation dans un sens unique, les déraillements ne sont pas à redouter, et le système de changement simple trouve là un emploi logique. Le rail mobile avait 9 mètres de long et la voie de Versailles se détachait en courbe de 540 mètres de rayon.

Changement à aiguille. La figure 8 de la planche VIII fera comprendre ce que c'est que le changement à aiguille; cette figure représente une voie de mines avec rails composés de barres de fer plates posées de champ. Il y a encore deux bouts de rails mobiles BC, B'C', mais l'un appartient à la voie principale et l'autre à la voie dérivée. Autre différence avec l'appareil précédent : les points de rotation des rails mobiles ne sont plus en C et C' à la rencontre des deux voies, mais aux extrémités opposées B et B' des parties mobiles.

Supposez un train venant de M vers P, le mentonnet de la roue de gauche écartera le rail mobile BC du rail fixe, au contraire le mentonnet de la roue de droite appliquera le rail mobile B'C' contre le rail fixe.

De même un train, allant de N vers P écartera le rail mobile B'C' et appliquera le rail mobile BC contre le rail fixe.

On appelle aiguilles les rails mobiles BC, B'C', à cause de la forme effilée qu'ils affectent à leurs extrémités C et C', lesquelles sont taillées en biseau de manière à pouvoir épouser exactement la face latérale intérieure des rails fixes. Dans chaque aiguille, on distingue la pointe et le talon.

On voit que le déplacement des rails mobiles peut être fait automatiquement par les véhicules eux-mêmes, lorsqu'ils abordent les aiguilles par le talon. C'est ce qui s'appelle faire l'aiguille à l'anglaise. Mais dans cette opération il se développe des frottements considérables, puisque l'aiguille porte la roue des véhicules

en même temps qu'elle se déplace ; ces frottements, combinés avec le choc, sont une cause puissante de détérioration du matériel.

Aussi, l'aiguille faite à l'anglaise n'est elle admise qu'à titre d'exception sur les lignes françaises.

Les deux aiguilles conjuguées BC, B'C', sont reliées par des entretoises qui les maintiennent à distance constante, de telle sorte que BC étant appliqué contre son rail, B'C' soit écartée du sien d'une quantité suffisante pour livrer passage aux mentonnets des roues ; et réciproquement.

Le système mobile est manœuvré par un levier à contre-poids placé dans un plan transversal à la voie ; on lui donne la position convenable, suivant la direction du train signalé.

En principe, jamais une aiguille ne doit être prise en pointe ; les aiguilles prises en pointe amènent de fréquents déraillements.

Cependant, on est bien forcé aux bifurcations de prendre les aiguilles en pointe pour les trains marchant de P vers N ou M. Lorsqu'il en est ainsi, il est indispensable de ralentir la vitesse.

Il faut remarquer aussi que les aiguilles prises en pointe doivent être faites par un homme manœuvrant un levier ; elles ne sont plus automatiques. Un train, venant de P, trouvera toujours une des deux voies M ou N ouverte, et ne risquera pas de dérailler, mais il risquera de s'engager sur une voie différente de celle qu'il doit suivre si l'aiguille n'est pas faite à l'avance dans le sens convenable.

Les aiguilles, ainsi que les rails fixes qui les touchent et qu'on appelle contre-aiguilles, sont soumises à une fatigue exceptionnelle ; on les fabrique en acier ; l'acier Bessemer rend aujourd'hui pour cet objet de précieux services.

Chaque aiguille est rabotée de manière à pouvoir se loger sous le champignon de son rail contre-aiguille, tout en conservant à la partie supérieure de sa pointe une épaisseur d'au moins 12 millimètres. L'aiguille se trouve ainsi protégée vers sa partie faible, et on n'a pas à craindre de la voir écraser lors du passage des trains.

Les figures 8 (*bis*) de la planche VIII représentent un changement simple avec déviation à gauche. La longueur totale des aiguilles est de $5^m,00$ et celle des rails contre-aiguilles est de $6^m,00$. Les deux aiguilles sont réunies par trois entretoises *t* en fer rond et l'on aperçoit sur la droite de la voie principale le levier de manœuvre L ; la tige horizontale M qui transmet le mouvement à l'aiguille de droite, et par suite à l'ensemble du système, passe d'abord sous cette aiguille, puis se contourne en col de cygne N et vient se terminer au milieu de la section de l'aiguille, c'est là que s'exerce l'effort.

Dans le changement de voie les traverses sont plus rapprochées, et on prend autant que possible des traverses de choix ; pour la portée du contre-rail, il y a une ou deux traverses de plus que pour la même portée en voie courante ; en outre, toutes les traverses sont reliées par deux longrines de $6^m,50$ de longueur et de $0^m,20$ sur $0^m,20$ d'équarrissage.

Pour les trains qui suivent la voie principale, il n'y a pas grand intérêt à ralentir la vitesse, car ils n'ont pas de déviation à subir ; les mentonnets n'exerçant donc pas de pression latérale sur les rails ou aiguilles et, comme l'aiguille de gauche est, dans sa partie faible, logée sous le champignon de son rail contre-aiguille, le passage n'offre pas de danger.

La position normale du système doit donc être : la voie principale ouverte ; c'est ce qui se fait naturellement et forcément, lorsqu'on ne touche pas au levier

de manœuvre, parce que le contre-poids P est alors au plus bas de sa course permise.

Lorsqu'un train veut passer de la voie principale sur l'embranchement courbe, il faut soulever à la main le contrepoids P pour rapprocher l'aiguille de droite de son rail contre-aiguille, et maintenir le contre-poids soulevé pendant tout le temps du passage du train. Le passage terminé, on laisse retomber le contre-poids et on revient à la position normale : voie principale ouverte.

De la sorte, on n'a pas à redouter de voir un train de la ligne principale s'engager à grande vitesse sur la ligne secondaire et s'exposer à un déraillement.

Soit une voie droite AB (fig. 9) de laquelle se détache un branchement C; appelons R le rayon de la courbe de raccordement, compté comme toujours à partir de l'axe de la voie, l la largeur de voie, d la longueur du branchement comptée suivant la corde mn, ω l'angle suivant lequel se croisent les deux rails intérieurs du branchement.

On a la relation :

$$d^2 = 2R.l \quad \text{ou} \quad d = \sqrt{2Rl},$$

et l'angle ω est mesuré d'une manière approximative par le rapport $\frac{d}{R}$ ou par $\sqrt{\frac{2l}{R}}$.

Pour un rayon de raccordement de 300 mètres, avec la voie ordinaire dont la largeur est de $1^m,45$, on trouve que la longueur du raccordement est de $29^m,50$ et l'angle du croisement $5°38'$.

D'après ce qui précède, l'aiguillage et le croisement dépendraient essentiellement du rayon de raccordement et il faudrait construire un appareil spécial pour chaque embranchement différent. Pour éviter une telle sujétion, on a généralement adopté un certain nombre de types qu'on applique chacun aux raccordements dont le rayon est compris entre certaines limites.

L'aiguille, pièce mobile et délicate, ne peut guère recevoir une longueur supérieure à 5 mètres, ce qui s'oppose à ce qu'on adopte à l'origine du branchement une déviation trop faible; pour le passage des mentonnets, nous avons vu qu'il fallait à l'aiguille une déviation totale d'environ $0^m,12$, soit une déviation de $0^m,024$ par mètre courant d'aiguille.

On limite en général le rayon du branchement à 300 mètres; mais dans bien des cas, on raccourcit le branchement et on réduit le rayon de raccordement jusqu'à 150 mètres.

Avec deux types de croisements, l'un de $5°30'$ et l'autre de $7°30'$ la Compagnie de l'Est arrive à composer tous les branchements.

Du croisement simple. Le croisement simple, figure 1, planche IX, doit être disposé de manière à livrer passage aux roues parcourant le rail AB et aux roues parcourant le rail CD. Chacun de ces rails doit donc présenter une interruption suffisante pour livrer passage aux mentonnets des roues, soit $0^m,045$ à $0^m,055$.

Mais, si on tranchait chacun des rails parallèlement à la direction de l'autre, on affaiblirait singulièrement les bouts de ces rails qui ne tarderaient pas à s'écraser, l'intervalle augmenterait rapidement et on s'exposerait à des déraillements. Aussi on réunit, comme on le voit sur la figure, les deux bouts de rails qui forment l'angle aigu du croisement, on retourne le rail C en R parallèlement à AB et le rail A en S parallèlement à CD.

La portion NMP s'appelle le cœur, les portions R et S sont les pattes de lièvre : celles-ci sont légèrement évasées à leurs extrémités pour favoriser l'entrée du mentonnet dans la rainure.

Tous les éléments du croisement sont fondus d'une seule pièce ; autrefois on la faisait en fonte de première qualité, aujourd'hui on a recours à l'acier.

Malgré les soins apportés à la fabrication, les chocs répétés des bandages usent rapidement les croisements et c'est une cause sérieuse de dépense dans l'entretien de la voie.

Traversées de voies. La traversée de voie la plus simple est la traversée rectangulaire, mais elle ne s'applique guère que dans les gares ; il y a alors une voie principale (*abcd*) qu'il faut ménager et conserver intacte ; on ne modifie que la voie secondaire, dont il faut interrompre les rails (fig. 2).

Pour les entailler sans être forcé d'en faire autant à ceux de la voie principale, on place la voie secondaire à un niveau plus élevé, de telle sorte que les mentonnets en sautant de *f* en *g* et de *h* en *i* ne risquent pas de toucher et de détériorer les rails *cd* (*ab*). L'espace *gf* doit être supérieur à la largeur maxima des bandages des roues ; il faut donc que le rail (*ef*) soit entaillé à son extrémité *f* jusqu'au niveau de la surface de roulement du rail *cd*.

Des contre rails *mn*, *pq* recourbés à leur extrémité maintiennent les roues des véhicules parcourant la voie principale dans leur position moyenne, et en même temps supportent les extrémités des deux bouts de rails tels que *hg*.

Traversée oblique. La figure 3 de la planche IX représente deux voies se coupant obliquement au même niveau. Elles ont un losange commun, qui a deux angles aigus et deux angles obtus.

Les appareils qu'on trouve aux angles aigus sont les croisements proprement dits et l'on réserve le nom de traversées aux appareils des angles obtus.

Le croisement se compose du cœur (*m*) et des deux pattes de lièvre *n* et *p*, ainsi que nous l'avons expliqué au paragraphe précédent. Il est complété par les deux contre-rails *q* et *r*, dont voici l'utilité : supposez une paire de roues venant de D vers C, lorsque la roue de gauche a dépassé la patte de lièvre (*n*), elle rencontre un intervalle vide et tend à se porter en dehors de la voie, ce qui pourra se produire et causer un déraillement si la roue de droite n'est pas maintenue sur son rail par un obstacle latéral pressant le mentonnet ; c'est le but du contre-rail *q*. Le contre-rail *r* a la même mission à remplir pour les véhicules suivant la voie AB.

A l'autre angle aigu, nous trouvons les mêmes éléments désignés par les mêmes lettres affectées d'un accent.

Considérons maintenant un angle obtus (*s*) ; les deux rails extérieurs sont soudés ensemble et raccordés par une partie arrondie ; les rails *t* et *u* sont coupés parallèlement à la direction des rails opposés et, en général, on ne se donne pas la peine de les retourner en pattes de lièvre, parce que le biseau est dirigé en dehors de la voie et soutient le bandage beaucoup plus longtemps que dans le cas de l'angle aigu. Pour s'opposer au déraillement, on place à l'intérieur de l'angle obtus deux contre-rails que l'on réunit en cœur et qui sont désignés par la lettre *v*.

A l'autre angle obtus, nous trouvons les mêmes éléments désignés par les mêmes lettres affectées d'un accent.

Suppression des traversées de voie, Les traversées de voie sont les points les plus dangereux d'une voie ferrée, surtout si elle présente une certaine fréquentation ; les traversées entraînent alors de graves sujétions et exigent des pré-

cautions de tous les instants, parce que les trains marchant en sens contraire ou dans le même sens sont sans cesse exposés à s'y rencontrer et à s'y broyer les uns contre les autres.

Aussi, a-t-on cherché dans certains cas à se débarrasser de cet inconvénient en faisant passer la seconde voie soit au-dessus, soit au-dessous de la première.

Exemple : soit une voie AB figure 4 planche IX de laquelle on veut détacher un embranchement vers la droite ; si on adopte un embranchement en courbe au même niveau, on aura une traversée de voie au point C et des collisions possibles ; mais, si on se détache en courbe vers la gauche pour s'écarter de la ligne principale, on pourra gagner un niveau différent pour traverser cette ligne au point D soit en viaduc, soit en tunnel. Tout inconvénient sera évité. Généralement le passage D est très-oblique parce qu'on ne veut pas obtenir un trop grand développement vers la gauche, et on est forcé de recourir pour ce passage à des viaducs métalliques.

M. l'ingénieur en chef Boucher a décrit aux Annales des ponts et chaussées de 1867 les travaux exécutés en 1865 au chemin de fer du Nord pour établir, à la sortie de Paris, une indépendance complète entre les voies de départ et les voies d'arrivée. C'est l'application en grand du principe que nous venons d'exposer ci-dessus.

Plaques tournantes. — Les plaques tournantes servent au passage des véhicules isolés d'une voie sur une autre. Étant donné un certain nombre de voies A, B, C, figure 5 planche IX, dont les axes concourent en un même point O, si on place en ce point l'axe vertical de rotation d'une plaque mobile portant un bout de voie *mn*, on pourra recevoir sur cette plaque un véhicule venant par exemple de la voie A, puis on fera tourner la plaque d'un certain angle pour mettre sa voie (*mn*) dans le prolongement de la voie B, sur lequel on pourra alors pousser le véhicule.

Les plaques à plusieurs voies concourantes ne se trouvent généralement que dans les rotondes à machines. Celles qu'on rencontre le plus souvent, sont destinées à mettre en communication plusieurs voies parallèles, réunies entre elles par une voie normale : à l'intersection de la voie normale, avec chacune des voies parallèles, on place une plaque tournante. On obtient de la sorte une batterie de plaques, qui permet de composer et de décomposer les trains en fort peu de temps.

La rotation de chaque plaque n'est jamais que d'un ou deux angles droits ; pour économiser le temps et éviter toute rotation à vide, chaque plaque porte deux bouts de voie se coupant à angle droit (figure 6, planche IX).

Il va sans dire que le diamètre de plaque est fixé d'après la longueur des véhicules qu'elle doit recevoir ; la corde *mn* doit être égale à l'écartement maximum des essieux, plus le jeu nécessaire à la pose des cales. En désignant par l l'écartement des essieux, on prend en général pour le diamètre de la plaque $l + 0^m,75$.

Le diamètre des petites plaques varie de $3^m,40$ à $6^m,00$; les plaques de $5^m,00$ suffisent pour les petites machines ordinaires. Mais, comme on a rarement à tourner des machines, si ce n'est dans les gares principales et les dépôts, on trouve plus avantageux de pouvoir tourner à la fois une machine et son tender, et l'on a recours, pour cet objet, à de véritables ponts tournants, en bois ou en fer, de $12^m,00$ de portée.

La figure en tête de la planche IX, qui représente en coupe transversale une plaque de $4^m,50$ de diamètre des chemins de fer de l'Ouest, suffira à faire comprendre nettement les dispositions ordinaires de cet engin.

Il se compose de quatre parties principales :

1° Le plateau supérieur mobile (*cd*), portant deux cours de rails ;

2° La plaque de fondation (*ab*), portant le cercle de roulement inférieur ;

3° Les galets tronc-coniques *g*,*g*, interposés entre ces deux plaques ;

4° La cuve en fonte *mn*, *mn*, renfermant tout l'appareil et maintenant les terres et le ballast à l'entour.

Le plateau mobile est formé par le cercle de roulement et par quatre poutres placées dans la direction des rails ; quatre rayons ou bras parallèles à la même direction complètent le mode de réunion de la circonférence avec le moyeu. Ces poutres et ces rayons ont une section en double T. Le cercle de roulement est aussi profilé suivant un double T, mais les branches sont très-inégales, comme on le voit sur la droite de la figure ; la branche supérieure est consolidée de distance en distance par des consoles ; la branche inférieure, portant la surface de roulement, est dressée en dessous suivant une surface conique, dont le sommet coïncide avec celui des cônes des galets sur l'axe de la plaque, et qui est tangente à tous ces cônes. Ce cercle porte aussi un valet mobile *p* qui s'engage dans quatre arrêts ménagés dans le bord supérieur de la cuve, et permet de fixer la plaque dans les quatre positions différentes qu'elle peut occuper. Les rails de la plaque qui nous occupe sont placés à des niveaux différents, comme dans la traversée de voie rectangulaire ; cela suppose que la plaque se trouve sur une voie principale, dont on n'a pas voulu interrompre les rails.

Les rails continus s'attachent sur les poutres, au moyen des boulons à tête fraisée et à double écrou placé en dessous. Les intervalles sont remplis par un plancher en bois.

Le moyeu est disposé de manière à permettre l'ajustement du pivot sur la crapaudine qui fait partie du plateau inférieur. A cet effet, dans les quatre angles des bras sont percés quatre trous traversés par des boulons, qui se fixent par leurs écrous sur le plateau de la crapaudine ; en agissant sur ces écrous, on peut relever le plateau mobile, par rapport au point d'appui du pivot, de manière à soulager les galets, ou, par une manœuvre inverse, d'augmenter leur charge. Le plateau porte un petit godet où l'on verse de l'huile pour lubrifier le pivot. Tout ce système est fermé d'un couvercle en tôle, qui affleure avec le plancher.

Pour faciliter la fonte et le transport, le plateau mobile est divisé en deux segments, qui s'ajustent au moyen de quatre gros boulons horizontaux, traversant le moyeu et d'autres boulons secondaires.

La plaque de fondation se compose d'un moyeu et d'un cercle de roulement réunis par huit bras, *ab*, en forme de T renversé. Dans le moyeu est fixé le pivot au moyen d'une clavette. La disposition de la plaque de fondation est assez simple pour éviter de plus amples explications. Elle est aussi formée de deux segments.

Les galets, interposés entre ces deux plaques pour accélérer et faciliter le mouvement, sont de forme conique et disposés de manière à rester constamments tangents aux surfaces de même nature, qui forment les cercles de roulement du plateau mobile et de la plaque de fondation. Ils sont maintenus dans cette position, au moyen de tringles, qui les réunissent à la partie centrale et qui s'ajustent sur une couronne mobile concentrique avec le moyeu, et d'un anneau polygonal qui assure la constance de leur écartement mutuel.

La cuve est formée de huit segments, réunis entre eux par des portées exté-

rieures et des boulons, et reposant sur les extrémités des bras de la plaque de fondation.

Le poids total des fers et fontes de cette plaque est de 9,250 kilogrammes, et il faut compter en plus, pour le plancher, environ un mètre cube de bois. Son prix de revient est d'environ 4,000 francs.

En principe, la charge doit être portée par les galets, et il ne faut pas que les hommes d'équipe aient à leur disposition la manœuvre des boulons du pivot, sans quoi ils feront porter la charge sur le pivot pour se donner moins de mal; la plaque se trouvera gondolée et donnera lieu à des chocs. Pour empêcher les hommes d'équipe de toucher aux boulons, on cadenasse le chapeau en tôle.

Les galets sont en fonte dure; leur axe instantané de rotation est représenté par leur génératrice de contact avec la plaque de fondation, et, par suite, la vitesse angulaire de rotation du plateau mobile est double de celle de la couronne de galets.

Sur quelques lignes, on a substitué la tôle à la fonte pour la construction des plaques tournantes; avec des tôles planes et des cornières, on arrive facilement à composer les bras et les poutres des plateaux.

Les plaques tournantes ordinaires sont, tout simplement, installées sur une couche de bon ballast incompressible, de $0^m,60$ de hauteur, dont les couches successives sont pilonnées et arrosées avec soin. Les fondations en maçonnerie sont inutiles et doivent être réservées pour les ponts tournants.

Un pont tournant de 12 mètres de diamètre est généralement supporté par deux couronnes de galets; son prix de revient est de 9,000 à 10,000 francs.

Les poutres de support peuvent être en tôle avec section à double T, mais alors le prix du pont tournant s'élève et atteint 18,000 francs (chemin de fer du Nord).

« Les plaques tournantes, dit M. Couche, très-répandues dans les gares de France et d'Angleterre, n'ont été, pendant longtemps, acceptées en Allemagne qu'avec une sorte de répugnance. Depuis, les ingénieurs allemands sont un peu revenus de cette prévention; ils ont reconnu que les plaques sont indispensables pour la rapidité et l'économie des manœuvres de détail. Par contre, on reconnaît, en France, qu'on a parfois abusé de ce moyen de communication, soit dans les gares de voyageurs en les plaçant sur les voies principales, soit dans les gares de marchandises en ne rendant accessibles que par l'intermédiaire des plaques, les voies qui bordent les quais des hangars de chargement et de déchargement.

« On s'attache aujourd'hui à exclure les plaques des voies principales franchies sans arrêt, et presque toujours alors, par des trains à marche rapide. Ces plaques se détruisent rapidement; mal placées, elles pourraient causer de graves accidents.

« Même dans les gares importantes, où tous les trains s'arrêtent, les plaques des voies principales sont bientôt hors de service, malgré la vitesse très-réduite des trains lorsque ceux-ci les franchissent, comme c'est très-souvent le cas pour les tenders surtout, avec les freins serrés au point de caler les roues.

« La suppression des plaques des voies principales conduit généralement aussi à en supprimer sur les voies de service, la fonction principale de ces plaques étant d'établir, entre des voies parallèles, une communication qu'on obtient alors autrement au moyen du chariot de niveau, appareil d'un maniement moins simple que les plaques tournantes, exigeant de la part des hommes

d'équipe un peu plus d'attention et de soin, mais qui laisse les voies parallèles à relier intactes et fixes. »

Il est inutile, pensons-nous, d'insister sur le chariot roulant, qui est une application élémentaire du principe des coordonnées rectangulaires ; une voie, coupée entre deux sections transversales voisines repose, par l'intermédiaire d'un bâti en tôle et de roues d'un diamètre qu'on tend à faire aussi grand que possible, sur une voie dont la direction est normale à celle de la première ; un véhicule étant arrêté sur le chariot, celui-ci est mis en mouvement et porte le véhicule en face de telle ou telle autre voie parallèle à la première.

Passages à niveau. — On appelle passages à niveau les traversées d'une voie ferrée par une route ou par un chemin. Ces passages sont droits ou obliques ; il faut, autant que possible, les faire droits, afin d'en diminuer la longueur.

La première condition à réaliser est évidemment de supprimer la saillie du rail sur le sol, afin d'éviter les chocs qui seraient funestes aux rails comme aux véhicules ordinaires. Le rail est donc enfoui dans le ballast ; cependant, il faut ménager à l'intérieur de la voie, le long du rail, une rainure pour le passage des mentonnets ; on obtient cette rainure au moyen d'un contre-rail, situé au moins à $0^m,05$ et mieux à $0^m,06$ du rail principal. Le contre-rail et le rail sont pris dans des coussinets larges, présentant deux encoches. Le contre-rail est terminé par des parties évasées, afin de faciliter l'entrée des mentonnets.

La seconde condition est de protéger le rail contre les chocs ; on la réalise en surélevant le contre-rail. Celui-ci n'est autre que le rail courant posé, sans inclinaison sur la verticale.

A l'origine, on s'imposait la sujétion de paver la voie entre les rails sur toute l'étendue du passage à niveau, parce qu'on craignait qu'un caillou, se logeant entre un rail et un contre-rail, ne vînt à déterminer un déraillement. On ne le fait plus guère aujourd'hui, on se contente d'un empierrement, et il ne paraît pas en résulter d'inconvénient sérieux.

CHAPITRE IV

DU MOTEUR ET DU MATÉRIEL ROULANT

DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA LOCOMOTIVE

La locomotive est une machine à vapeur à haute pression, à détente variable et sans condensation.

L'usage de cet engin, merveilleux et simple, a modifié la face du monde et les conditions de la vie humaine.

Nous en avons décrit les éléments dans notre cours de machines à vapeur, et nous ne pouvons reproduire ici cette longue étude; actuellement, nous avons surtout à considérer la locomotive au point de vue de sa puissance de transport et de sa vitesse. Cependant, nous commencerons par en rappeler les dispositions principales.

La locomotive est montée sur un châssis horizontal porté par trois paires de roues au moins; en adoptant deux paires de roues seulement, on aurait craint qu'une rupture d'essieu ne vînt à déterminer les plus graves accidents. Cependant, les locomotives à quatre roues peuvent rendre de précieux services sur les petites lignes et aussi dans les manœuvres de gares, et on commence à en voir apparaître quelques spécimens.

Dans le foyer de la locomotive on brûle du coke ou de la houille, quelquefois du bois ou des huiles minérales, comme en Amérique; mais il faut recourir alors à des dispositions particulières. La flamme et les produits de la combustion, après avoir léché les parois du foyer à section horizontale rectangulaire, parois dont l'ensemble constitue la surface de chauffe directe, s'engage dans des tubes, plus ou moins nombreux, plus ou moins longs, et s'échappent dans la cheminée en tôle placée à l'avant de la machine. — Le foyer et les tubes sont entourés de toutes parts par l'eau de la chaudière, et cette eau se vaporise. La forme générale de la chaudière est cylindrique, sa surface est recouverte d'une gaîne peu conductrice de la chaleur, laquelle s'oppose aux déperditions de calorique La vapeur formée dans la chaudière s'accumule, à la partie haute, dans un dôme où aboutit le tuyau de prise de vapeur; celui-ci est fermé en tête par une valve, que le mécanicien manœuvre à distance au moyen d'un système de leviers.

La vapeur est conduite du dôme dans les tiroirs des deux cylindres, horizontaux ou légèrement inclinés, et les tiroirs, qui reçoivent leur mouvement d'excentriques circulaires montés sur l'essieu de la roue motrice, distribuent cette vapeur alternativement sur l'une et l'autre face du piston. — L'appareil, connu

sous le nom de coulisse de Stephenson, appareil dont le levier moteur est sous la main du mécanicien, permet de régler la détente suivant les nécessités de la traction, et permet en outre d'obtenir, soit la marche en avant, soit la marche en arrière.

La vapeur qui sort du cylindre est conduite dans la cheminée en tôle, où elle s'échappe au milieu du courant gazeux; là, elle se détend et se condense et produit dans la cheminée un violent courant ascendant; celui-ci détermine à travers le foyer un appel d'air considérable, et c'est grâce à cet échappement de la vapeur que l'on arrive à produire une combustion assez énergique et, par suite, une production de vapeur assez considérable pour donner dans le cylindre tout le travail moteur dont on a besoin.

La chaudière tubulaire, combinée avec l'échappement de la vapeur dans la cheminée, a seule permis de faire passer la locomotive dans le domaine pratique.

Le mouvement de va-et-vient des pistons se transforme, par l'intermédiaire de bielles et de manivelles, en un mouvement de rotation des roues motrices.— Celles-ci supportent une charge verticale, qui va jusqu'à 13 tonnes; elles exercent sur le rail un frottement considérable, qui s'oppose au roulement; il faut que la force motrice, supposée transportée à la circonférence des roues, soit assez puissante pour vaincre, non-seulement leur résistance propre au roulement, mais encore la résistance qui se produit à toutes les roues du train; si le train est trop chargé, la force motrice arrive à vaincre même le frottement de glissement des roues motrices sur le rail, les roues motrices tournent sur place et la machine patine; l'ensemble des résistances au roulement est alors supérieur au frottement de glissement des roues motrices. Au contraire, tant que celui-ci reste supérieur, le glissement ne se produit pas, c'est le roulement seul qui a lieu, parce qu'il exige moins de force et le train progresse sur les rails.

La locomotive doit emporter avec elle son approvisionnement d'eau et de combustible. Sur les grandes lignes, où l'on donne à la chaudière et aux mécanismes toute la place disponible, où l'on consomme beaucoup plus de charbon et de vapeur, où les stations sont plus écartées, l'approvisionnement est porté par un véhicule spécial, le tender, réuni à la locomotive par une plate-forme en tôle.— Sur les chemins de fer secondaires et dans les gares, on se sert de locomotives-tenders, qui portent sur les flancs de leur chaudière les bâches à eau et les soutes à charbon.

L'eau d'alimentation est puisée dans les bâches par une pompe que met en mouvement un excentrique monté sur l'arbre moteur, et cette pompe la refoule dans la chaudière. — La pompe est aujourd'hui généralement remplacée par l'injecteur Giffard.

Il va sans dire que les locomotives sont munies des mêmes appareils de sûreté que les machines ordinaires, savoir : indicateur du niveau de l'eau, soupapes de sûreté, manomètres, le tout placé sous les yeux du mécanicien.

Un sifflet d'alarme permet au mécanicien de faire tous les signaux nécessaires.

Dans notre *Traité des machines à vapeur*, nous avons exposé les principales propriétés de la vapeur d'eau et des gaz; nous avons décrit les diverses natures de combustible, leurs qualités et leurs défauts; nous avons expliqué le mécanisme de la combustion, la composition des foyers et des grilles, le tirage des cheminées. — A la page 469, on trouvera représentée la cheminée ordinaire des locomotives et la cheminée à pavillons, dont on fait usage pour arrêter les flammèches que donnent certains combustibles, le bois, par exemple. — La che-

minée des locomotives porte à son orifice supérieur un registre destiné à régler le tirage, à le modérer ou à l'arrêter; baigné d'un côté par la vapeur, de l'autre par l'atmosphère, ce registre en tôle ne peut s'échauffer outre mesure; si on le plaçait à l'intérieur de la cheminée, au milieu d'une température aussi élevée que celle du courant gazeux qui s'échappe d'une locomotive (500°), il ne tarderait pas à s'oxyder et à devenir hors de service.

Aux pages 471 et suivantes du *Traité des machines à vapeur*, on trouvera la question de la fumivorité examinée dans tous ses détails. Il y a quatre systèmes de fumivorité, qui sont : 1° lavage des produits de la combustion, 2° foyers à jets d'air dans la flamme, amenés par le tirage naturel, 3° foyers à jets d'air forcé ou de vapeur, 4° foyers avec grilles spéciales fixes ou mobiles. Les deux derniers procédés sont seuls en usage pour les locomotives. Ils permettent une admission facultative d'air au-dessus du combustible et tendent surtout à mélanger, à brasser ensemble l'air et les produits de la combustion, afin que l'oxygène aille atteindre toutes les parcelles solides entraînées par la flamme.

La grille à gradins de MM. de Marsilly et de Chrobrzinski, et surtout l'appareil Tenbrinck, sont les appareils fumivores le plus employés. La grille à gradins de M. de Marsilly se compose de deux parties : l'une, inclinée, formée de larges barreaux horizontaux étagés les uns au-dessus des autres et posés à recouvrement; l'autre est une grille horizontale placée au bas de la précédente. — Dans la plupart des locomotives, ce système a été modifié; on n'a laissé subsister à la partie supérieure que deux barreaux plats horizontaux, puis on a achevé le plan incliné avec des barreaux posés suivant la ligne de plus grande pente. Cette disposition simplifie beaucoup le nettoyage de la grille, elle donne lieu à une descente plus régulière du combustible, qui arrive par une trémie à la partie haute du plan incliné. — Cette grille a produit de bons résultats au chemin de fer du Nord avec les charbons gras et flambants; mais elle n'a pas été suffisante avec les houilles très-bitumineuses.

La grille Tenbrinck est inclinée, et le combustible descend à sa surface par la pesanteur seule; l'alimentation se fait à la partie supérieure de la grille par une trémie inclinée toujours pleine de combustible, et celui-ci coule sur la grille en couche plus ou moins épaisse, suivant que l'on ouvre plus ou moins l'orifice de la trémie. — Le système Tenbrinck a été appliqué aux locomotives avec les perfectionnements suivants : la grille a été faite en deux parties, la partie supérieure est fixe, l'autre est mobile et peut être renversée autour d'un axe horizontal, ce qui permet de la nettoyer, d'enlever le mâchefer ou même de laisser tomber le feu. On a ménagé au-dessus de la trémie un clapet mobile, que l'on peut ouvrir plus ou moins et qui donne accès à l'air; celui-ci arrive donc sur le combustible en quantité suffisante. Au-dessus de la grille et presque parallèlement, dans la chambre du foyer, on a disposé un bouilleur plat, contre lequel la flamme vient frapper; elle se trouve réfléchie, se mélange mieux à l'air et l'on obtient une combustion parfaite, en même temps que le bouilleur donne une surface de chauffe directe très-favorable à la vaporisation. De la sorte, on a obtenu la fumivorité, et il paraît qu'en outre on a réalisé une certaine économie de combustible.

Quelques ingénieurs émettent des doutes sur la durée du bouilleur plat, qui se trouve directement soumis à l'action très-énergique de la flamme; les détériorations n'ont pas été bien rapides.

Grâce à la grille à gradins et à l'appareil Tenbrinck, on est arrivé à brûler dans les locomotives les houilles les plus grasses, tandis qu'avec les anciens foyers il fallait nécessairement s'en tenir au coke.

L'application de l'appareil Tenbrinck est assez coûteuse, et son adaptation aux anciennes machines est difficile, parce qu'il faut couper le foyer à l'arrière; on le réserve donc pour les machines neuves.

Avec des charbons ordinaires, ne donnant pas trop de fumée, l'appareil Thierry fournit de bons résultats; il a été adopté sur le réseau Paris-Lyon-Méditerranée. — Il emprunte à la chaudière même de la vapeur sèche prise dans le dôme et l'amène par un tube recourbé jusqu'au-dessus du combustible, sur lequel cette vapeur est lancée avec force au moyen d'une pomme d'arrosoir. Un robinet permet de régler à volonté et même de supprimer l'introduction de la vapeur; du reste, la consommation de vapeur est assez faible et se trouve bien compensée par l'économie de combustible que procure l'appareil.

Aujourd'hui, tout en permettant aux Compagnies de chemins de fer de brûler de la houille au lieu de coke, on a le droit d'exiger qu'elles brûlent leur fumée. Du reste, l'emploi de la houille ayant entraîné celui de foyers larges et profonds, la conduite du feu a pris, comme dans les machines fixes, une grande influence sur la fumivorité, et un chauffeur intelligent peut atténuer notablement la production de la fumée.

« Il faut joindre aux appareils fumivores, dit M. Couche dans son rapport sur les locomotives à l'Exposition universelle de 1867, leur complément indispensable, le souffleur, qui est lui-même souvent (c'est-à-dire avec les charbons médiocrement fumeux, à distillation lente) un appareil fumivore suffisant. C'est surtout, en effet, lorsque la fermeture du régulateur suspend l'action de l'échappement, que la fumée est abondante. Tel est le cas des machines en stationnement : si le mécanicien vient de charger son feu, ou s'il est forcé de le faire pendant un arrêt prolongé, la fumée est, faute de tirage, bien plus abondante que pendant la marche, fort incommode pour les voyageurs et surtout pour le voisinage. En lançant dans la cheminée un petit jet de vapeur, pris directement à la chaudière, on entretient, lorsque l'échappement a cessé de fonctionner, un tirage qui atténue beaucoup la production de la fumée. Mais il faut tenir la main à ce que les mécaniciens se servent du souffleur, qui augmente un peu la consommation du charbon.

Ce petit appareil a un autre avantage, c'est d'accélérer notablement la mise en vapeur des locomotives. Dès que la vapeur a atteint une certaine tension effective, cette tension croît rapidement sous l'influence du souffleur, effet qu'on ne peut établir par l'action de l'échappement qu'en faisant courir la machine. »

Aux pages 506 et suivantes du *Traité des machines à vapeur*, nous avons décrit les chaudières tubulaires et leur construction. Il y a trois parties dans la chaudière tubulaire : 1° la boîte à feu, 2° la partie tubulaire, 3° le corps cylindrique. — La boîte à feu, de section rectangulaire, est formée de deux coffres, l'un intérieur en cuivre, l'autre extérieur en tôle de fer. — Le coffre extérieur s'arrondit à la partie supérieure et s'élève au-dessus du plafond du coffre intérieur, lequel plafond constitue le ciel du foyer. Dans les locomotives anciennes, le coffre extérieur se terminait en dôme sphérique ou en pyramide à quatre faces; on a renoncé à ces formes compliquées, et la surface cylindrique est généralement adoptée aujourd'hui pour la paroi supérieure de la chaudière.

Les faces planes de la chambre du foyer sont soumises à des pressions énormes, 8 à 9 atmosphères, et ne résisteraient pas si elles n'étaient consolidées par des armatures spéciales. Ainsi, le ciel du foyer est réuni, dans sa partie médiane, à l'enveloppe supérieure de la chaudière au moyen de tirants verticaux et repose sur les faces verticales de la chambre à feu par l'intermédiaire d'armatures. Les

armatures ou poutrelles horizontales, sont placées parallèlement à la plus petite dimension horizontale de la chambre à feu; comme les foyers sont aujourd'hui très-profonds, les armatures se trouvent naturellement placées dans le sens transversal de la voie. Elles se prolongent en dehors de la paroi de la chambre à feu jusqu'à la paroi externe de la chaudière et s'assemblent avec elle au moyen de cornières. Ç'a été là un perfectionnement important, car il s'est présenté plusieurs cas d'explosions dans lesquelles la rupture s'est produite sur le bord du ciel de la chambre à feu.

Quant à la double paroi latérale du foyer, les deux parties à entretoiser sont sensiblement parallèles et assez rapprochées ($0^m,08$ à $0^m,10$); l'opération est donc facile. On les entretoise au moyen de rivets ou de boulons, et il y a des formules spéciales pour déterminer dans ce cas la résistance des tôles.

On a recours, en général, à des entretoises forées, destinées à déceler toute rupture de l'une quelconque de ces entretoises.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, depuis qu'on a substitué la houille au coke dans les locomotives, on a augmenté la profondeur des foyers et on a raccourci la longueur des tubes. Une observation attentive a montré, en effet, que la puissance de vaporisation était très-faible au bout d'un tube de 4 à 5 mètres de longueur et de $0^m,04$ de diamètre.

Partant de là, on en est venu à réduire la longueur des tubes à 3 mètres et même à $2^m,50$, et on a pu librement augmenter la longueur du foyer, et par suite, la longueur de grille. On brûle alors n'importe quels combustibles, sans danger de produire beaucoup de fumée et on a une surface de chauffe directe considérable.

La partie tubulaire est décrite aux pages 516 et suivantes de notre *Traité des machines à vapeur*; le point délicat est l'assemblage des tubes avec les plaques de fond et divers systèmes sont en usage pour obtenir une obturation parfaite, sans rendre trop difficiles la réparation et l'enlèvement des tubes.

Ainsi que nous l'avons dit, le rapport entre la surface des tubes et celle de la chambre à feu tend à diminuer. Autrefois, il était égal à 18; aujourd'hui, il est descendu à 10 et même moins. On est arrivé de la sorte à une puissance de vaporisation plus considérable, tout en réduisant la surface de chauffe totale. Le constructeur le plus hardi dans ce sens a été M. Gouin, dont on a pu admirer à l'Exposition de 1867 la grande locomotive à quatre cylindres, destinée au chemin de fer du Nord et munie de tubes de $2^m,50$ de longueur seulement. Il y a d'autres avantages encore à réduire la longueur des tubes, c'est que le frottement du courant gazeux est bien moindre et le tirage plus facile.

A ce point de vue, on ne saurait approuver les spirales qu'on a voulu placer dans les tubes de locomotives en Angleterre, et qui sont destinées à briser le courant gazeux de telle sorte que toutes ses parties viennent en contact avec les parois des tubes; ces spirales ne peuvent être qu'une cause d'engorgement perpétuel, et, au point de vue de l'utilisation de la chaleur, elles sont absolument inutiles.

Le corps cylindrique de la chaudière est en feuilles de tôle; l'assemblage des feuilles se fait à recouvrement, avec un seul rang ou avec deux rangs de rivets : ce dernier système est plus solide, mais l'assemblage à recouvrement est toujours médiocre, et c'est le long de la saillie que se produisent le plus fréquemment les brisures. Le mieux est d'adopter l'assemblage bout à bout, avec couvre-joint et double rang de rivets.

L'emploi de la tôle d'acier a permis de réaliser un perfectionnement énorme;

la constante préoccupation des constructeurs a été de diminuer le poids des machines, sans en diminuer pour cela la puissance; aussi ont-ils cherché les matériaux les plus résistants à égalité de poids, parce qu'ils arrivaient ainsi à la résistance voulue avec un poids moindre.

Les formes les plus favorables à la résistance doivent aussi être adoptées autant que possible; c'est pourquoi l'on doit rechercher partout la forme cylindrique ou sphérique, qui n'exige point d'entretoises; c'est pour la même raison qu'on a réduit le diamètre des tubes et qu'on a préféré en augmenter le nombre.

La tôle d'acier fondu possède au plus haut point les qualités nécessaires au métal de chaudière : la résistance et la ductilité.

Elle convient particulièrement à la confection des surfaces courbes; pour la double paroi de la chambre à feu, elle est moins bonne : vu sa faible épaisseur, on est forcé de multiplier le nombre des tirants, ce qui multiplie les chances de fuite et les difficultés du nettoyage. Pour la boîte du foyer, il faut donc conserver l'usage de la tôle de cuivre et du fer.

Dans les premières locomotives, la quantité d'eau vaporisée par mètre carré de chauffe et par heure s'élevait à 40 kilog. et plus (Gouin et Lechatellier) ; les machines Crampton du chemin de fer du Nord ne vaporisent que 20 kilog. d'eau par mètre carré et par heure; les grosses machines à marchandises, de 150 mètres carrés de surface de chauffe, ne vaporisent que 24 à 36 kilog.

La tendance est donc de réduire la quantité de vapeur produite par mètre carré de surface de chauffe; à l'origine, on fatiguait beaucoup trop les chaudières, maintenant on les ménage et on se contente de leur demander 25 à 35 kilogrammes d'eau vaporisée par mètre carré de surface de chauffe et par heure. C'est encore deux à trois fois plus qu'on n'en produit avec les chaudières ordinaires.

Aux pages 537 et suivantes du *Traité de machines à vapeur*, on trouve la description des accessoires des chaudières, tels que : enveloppes peu conductrices de la chaleur, manomètres à air libre ou à air comprimé, manomètres métalliques, soupapes de sûreté à contre-poids et à ressorts, indicateurs du niveau de l'eau, sifflets hémisphériques ou cylindriques, appareils d'alimentation avec la description et la théorie de l'injecteur Giffard ainsi que son adaptation aux locomotives. Ensuite vient une étude sur les eaux d'alimentation, sur les dépôts et incrustations et sur les moyens de les combattre.

Les appareils de distribution de vapeur et de détente, les tiroirs, la coulisse de Stephenson sont décrits aux pages 616 et suivantes ; plus loin on trouve la description des cylindres et pistons de machines à vapeur, et une description générale de la locomotive ordinaire et des locomotives routières.

Nous ne reviendrons pas sur tout cela, et nous supposerons dorénavant la locomotive connue en tant que machine à vapeur.

« La machine locomotive, dit M. Couche en tête de son rapport sur l'Exposition de 1867, a été si bien étudiée, elle est déjà si perfectionnée et si simple, elle remplit si bien, en général, les conditions variées de sa destination, qu'elle laisse dès à présent peu à désirer. Tant qu'elle sera fondée sur les mêmes principes, tant qu'elle sera une des formes de la production du travail par la combustion du charbon et de la transmission de ce travail par la vapeur d'eau, il est assez probable qu'elle ne recevra pas de modifications profondes. L'Exposition de 1867 n'a donc pas révélé de progrès saillants ; mais les progrès de détail sont, au contraire, réels et nombreux. »

Aéro-vapeur. Un des perfectionnements les plus récents, sur lequel l'expé-

rience n'a pas encore prononcé, c'est l'insufflation d'un courant d'air chaud à l'intérieur des chaudières de locomotives. Une pompe à air à simple action, conduite par la tête de la principale tige et fixée sur le châssis de la machine à la place occupée précédemment par la pompe alimentaire, puise d'une manière constante de l'air dans l'atmosphère; cet air traverse une série de tubes placés dans la boîte à fumée, s'y échauffe jusqu'à 345° et est refoulé dans la chaudière.

« Distribué à la partie inférieure de celle-ci, il s'élève dans le liquide, diminue la cohésion de l'eau, augmente la surface chauffée, facilite l'ébullition et, accompagnant la vapeur lors de son passage dans le cylindre, aide à l'énergie de l'action en retardant la condensation.

« L'air échauffé s'oppose au dépôt permanent des incrustations dans la chaudière, la boîte à feu et les tubes, obvie aux projections d'eau et diminue les chances d'explosion. La durée des diverses parties de la chaudière est augmentée par suite du manque d'incrustations, la vapeur est produite plus promptement et la pression se maintient plus facilement. »

Il paraît que l'emploi de l'air échauffé produit en outre une certaine économie de combustible.

DE LA TRACTION.

Le problème de la traction par locomotives, comme celui de la traction par moteurs animés, a pour objet de réaliser à chaque instant l'égalité du travail moteur et du travail résistant. Le travail moteur doit toujours être au moins égal au travail résistant; mais il faut s'arranger de manière à rendre l'excès du premier sur le second aussi faible que possible, afin de produire le maximum de travail utile avec le minimum de dépense.

Il y a donc deux termes à examiner successivement dans le problème de la traction :

1° La résistance au mouvement, que présente une réunion de machines, de wagons et de voitures, formant un train;

2° La puissance de traction du moteur.

1° RÉSISTANCE AU MOUVEMENT D'UN TRAIN.

Évaluation de la résistance indépendamment de la pesanteur et de la résistance de l'air. Dans la résistance au mouvement d'un train entrent plusieurs éléments, savoir : la résistance propre au déplacement des véhicules sur des rails de niveau, l'influence de la pesanteur, qui agit tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, l'influence de la pression de l'air qui augmente rapidement avec la vitesse.

Nous ne voulons considérer d'abord que la résistance au roulement sur des rails de niveau, sans tenir compte de la pression de l'air et de l'influence de la pesanteur. Cette résistance au roulement varie suivant certaines lois mises en lumière par les expériences de Coulomb et du général Morin.

Dans la force qu'il faut exercer sur un véhicule pour lui communiquer un mouvement uniforme, il entre deux termes :

Le frottement de roulement à la circonférence de la roue,
Le frottement de glissement de la fusée de l'essieu dans la boîte à graisse.

Le frottement de roulement à la circonférence de la roue est proportionnel à la charge totale transmise au rail et en raison inverse du rayon R de la roue; la charge totale transmise au rail comprend le poids P supporté par la fusée et le poids p de la roue; donc le frottement de roulement à la circonférence de la roue est représenté par l'expression $\left(\frac{A(P+p)}{R}\right)$.

Le frottement de glissement de la fusée dans la boîte à graisse est le produit de la charge P par le coefficient de frottement f, et ce frottement est une force tangente à la fusée dont r est le rayon; on peut remplacer cette force par une autre, appliquée tangentiellement à la circonférence de la roue, pourvu qu'on la réduise dans le rapport inverse $\frac{r}{R}$ des rayons ou bras de levier. Le frottement de glissement de la fusée est donc représenté par la force $f\frac{Pr}{R}$ qui se compose avec le frottement de roulement ci-dessus défini.

La résistance horizontale Q qui se produit au point de contact de la roue et du rail est donnée par la formule :

$$Q = A.\frac{P+p}{R} + f.P.\frac{r}{R}$$

et, pour mettre le véhicule en mouvement, il faudra lui transmettre une traction précisément égale à la valeur de Q.

L'effort de traction par unité de poids, c'est-à-dire par tonne, P et p étant exprimés en tonnes et fractions de tonne, sera :

$$\frac{Q}{P+p} = q = \frac{A}{R} + f.\frac{P}{P+p}.\frac{r}{R}.$$

Le coefficient constant A varie avec la nature des substances en contact; les rayon r et R dépendent de la construction du véhicule; f, le coefficient de frottement, dépend essentiellement de la nature du graissage, il est plus fort avec la graisse qu'avec l'huile; les charges P et p résultent des données expérimentales.

En résumé, on trouverait pour chaque cas une valeur spéciale de q; mais on ne tient pas à obtenir un résultat d'une précision mathématique, et ce que l'on veut surtout, c'est une moyenne applicable à une réunion de véhicules.

Les expériences de Dupuit sur le roulage des véhicules semblent indiquer que la résistance au roulement (indépendamment du frottement à la fusée) varie en raison inverse non pas du rayon, mais de la racine carrée du rayon.

Quoique la question ne soit pas absolument tranchée, on peut déduire de la formule précédente les conséquences ci-après :

1° Il y a avantage à adopter de grands rayons pour les roues des véhicules;

2° Il faut tendre autant que possible à la perfection du graissage afin de réduire le second terme du tirage; la question du graissage est une des plus importantes du service de la traction;

3° On doit chercher à réduire au minimum le rapport $\frac{r}{R}$ du rayon de la fusée à celui de la roue; mais on ne peut aller loin dans cette voie, parce que la fusée doit être assez vigoureuse pour résister aux efforts de flexion et de cisail-

lement, qui lui sont transmis par le véhicule; il y a donc une juste mesure à observer.

D'après l'expérience, le premier terme de la formule qui donne le tirage, celui qui représente la résistance au roulement à la circonférence de la roue, ne dépasse pas 1 kilogramme par tonne. D'autre part, comme on peut supposer $f=0{,}05$ dans le cas d'un bon graissage, comme les rapports $\frac{P}{P+p}$ et $\frac{r}{R}$ ont d'ordinaire pour valeur $\frac{5}{6}$ et $\frac{1}{12}$, le second terme de la formule du tirage est égal à

$$0{,}05.\frac{5}{6}.\frac{1}{12}=\frac{1}{288}=0{,}0035,$$

ce qui représente $3^{kg},5$ par tonne de charge.

La traction totale s'élève donc à $4^{kg},5$ par tonne de charge, et la résistance à la circonférence de la roue n'en représente qu'une faible part, tandis que sur les routes ordinaires elle entre dans le tirage pour la plus grosse part.

Les perfectionnements apportés à la construction et au graissage ont permis de réduire un peu les nombres précédents.

La formule du tirage s'applique au moment où le mouvement uniforme de translation s'est établi; pour faire passer le véhicule de l'état de repos à l'état de mouvement uniforme, il faut lui donner une accélération croissante, ce qui absorbe un certain travail, dû à la force d'inertie. Il y a donc là un tirage supplémentaire à produire; c'est pourquoi l'on dit souvent que le frottement au départ est supérieur au frottement en marche. En réalité, il n'en est rien, si ce n'est peut-être dans le cas du graissage avec une matière solide, qui a besoin d'être échauffée et ramollie avant de lubrifier les surfaces; le frottement au départ est le même que le frottement en marche, seulement il faut, lors du démarrage, produire un travail moteur supplémentaire, destiné à faire passer le véhicule de l'état de repos à l'état de vitesse voulue.

Influence de la vitesse sur le tirage. — La formule précédente suppose que le véhicule parcourt les rails d'un mouvement uniforme et avec une faible vitesse. En réalité, le tirage est variable avec la vitesse et augmente assez rapidement sous l'influence d'une multitude de petits chocs, sans cesse répétés, et aussi sous l'influence que la pression de l'air exerce sur les véhicules; en effet, ceux-ci forment comme des pistons à section rectangulaire, qui refoulent et compriment l'air devant eux. Si cet air n'est pas calme, et possède par exemple une vitesse en sens contraire de celle du train, la pression augmente encore et peut retarder énormément la vitesse de progression. Lorsque le vent prend un train en travers, il augmente le tirage, car il force les mentonnets des roues à frotter le long d'une file de rails, et il en résulte une forte résistance passive; des wagons ont même été renversés par des ouragans d'une violence exceptionnelle.

On ne saurait mettre en formule l'influence de la vitesse du vent, chose essentiellement variable; mais on peut recueillir, par l'expérience, l'influence qu'exerce sur le tirage la plus ou moins grande vitesse d'un train se mouvant en temps calme.

Voici les résultats des expériences :

MM. Morin, Sauvage et Porée avaient trouvé que la résistance à la traction pour une tonne de charge brute était de :

$4^{k},5$ dans les trains de marchandises,
$7^{k},7$ — omnibus,
$10^{k},0$ — express;

Sur le Great-Western Railway, on était arrivé à des résultats peu différents, savoir :

4 kilogr. par tonne pour un train marchant à la vitesse de	32 kilomètres à l'heure,
10 —	—	64 —
12 —	—	96 —

En Angleterre, on s'est servi longtemps encore de la formule de Wyndham-Harding, d'après laquelle le tirage q par tonne de charge brute est égal en kilogrammes à

$$2{,}72+0{,}094\,V+0{,}00484\frac{A.V^2}{P};$$

dans cette formule V est la vitesse du train exprimée en kilomètres à l'heure, P est le poids total du train en tonnes et A un coefficient qu'on prend égal à 7 pour les trains express et à 14 pour les autres trains.

Cette formule a été mal établie : elle ne donne de résultats sérieux que pour les trains express, c'est-à-dire pour les trains légers à grande vitesse, et elle suppose que le graissage est uniquement effectué à la graisse.

Dans ces dernières années, MM. Vuillemin, Guebhard et Dieudonné, ingénieurs du matériel et de la traction à la Compagnie de l'Est, ont entrepris une longue série d'expériences pour déterminer la résistance des trains et la puissance des machines. Entre le tender de la locomotive et le train, interposez un wagon portant un dynamomètre de flexion, dont une des branches est fixée d'une manière invariable au châssis du wagon spécial, tandis que la branche mobile est attachée à l'attelage qui transmet la traction au reste du train ; à chaque instant, l'on note l'effort de traction et la vitesse : on connaît en outre le poids du train remorqué, ainsi que le profil en long de la voie. On déduit de la traction trouvée la part qui revient à l'action de la pesanteur, à raison d'un kilogramme par millième d'inclinaison ; on opère sur des alignements droits, sur des courbes de grand rayon, et sur des voies à l'état normal d'entretien. On arrive donc à connaître la valeur du tirage sur une voie de niveau.

Ces expériences ont donné les résultats suivants :

Le tirage par tonne de charge brute, pour des vitesses comprises entre 12 et 32 kilomètres à l'heure, est représenté en kilogrammes par :

1 $\quad 1{,}65+0{,}05\,V$ avec le graissage à l'huile,

2 $\quad 2{,}30+0{,}05\,V$ avec le graissage à la graisse.

Pour des vitesses supérieures à 32 kilomètres, les habiles expérimentateurs ont établi les formules suivantes :

3 $\quad 1{,}80+0{,}08\,V+\frac{0{,}009\,SV^2}{P}$, vitesse de 32 à 50 kilomètres.

4 $\quad 1{,}80+0{,}08\,V+\frac{0{,}006S.V^2}{P}$, vitesse de 50 à 65 kilomètres.

5 $\quad 1{,}80+0{,}14\,V+\frac{0{,}004S.V^2}{P}$, vitesse de 70 à 100 kilomètres.

Dans ces formules, la lettre S exprime la surface de tête du train, la surface suivant laquelle l'air est refoulé comme par un piston.

Les formules (1) et (2) montrent que, dans les conditions ordinaires, le grais-

sage à l'huile réalise sur le graissage à la graisse une économie de tirage de 0kg,65 par tonne de charge brute.

En temps de gelée, la graisse ne fond pas ou fond mal, parce que la chaleur développée par frottement de la fusée est compensée par le refroidissement extérieur; aussi, l'accroissement du tirage atteint-il alors 1 et 2 kilogrammes par tonne, et quelquefois même jusquà 3 kilogrammes.

On ne saurait donc trop recommander l'usage du graissage à l'huile; cependant, pour les grandes vitesses, l'importance proportionnelle en est bien moindre, et la chaleur développée par le frottement suffit à liquéfier la graisse.

Les formules des ingénieurs du chemin de fer de l'Est pouvant offrir quelques difficultés d'emploi, on les a remplacées par le tableau suivant :

TABLEAU DU TIRAGE, EXPRIMÉ EN KILOGRAMMES, A EXERCER PAR TONNE DE CHARGE BRUTE D'UN TRAIN.

VITESSE EN KILOMÈTRES A L'HEURE.	TIRAGE PAR TONNE.		VITESSE EN KILOMÈTRES A L'HEURE.	TIRAGE PAR TONNE.
	GRAISSAGE A L'HUILE.	GRAISSAGE A LA GRAISSE.		
	kg.	kg.		kg.
10	2.15	2.80	55	7.40
15	2.40	3.05	60	8.05
20	2.65	3.30	65	8.70
25	2.90	3.55	70	13.55
30	3.15	3.80	80	15.55
35	5.15		90	17.65
40	5.70		100	19.80
45	6.30		»	»
50	6.95		»	»

En dehors du graissage et de la vitesse, la longueur et le chargement du train influent aussi sur le tirage.

A poids égal, c'est le train le plus long qui exige le plus fort tirage.

L'expérience a montré que la résistance par tonne à la traction d'un train de wagons chargés était bien inférieure à la résistance par tonne d'un train composé du même nombre de wagons non chargés; on explique ce fait en disant que les wagons vides oscillent plus facilement et absorbent, par leurs déformations, une plus grande quantité de travail.

Ainsi que nous l'avons expliqué déjà, le tirage au départ est bien supérieur au tirage en marche; celui-ci n'a qu'à entretenir un mouvement uniforme, tandis que le premier doit fournir les accélérations successives, nécessaires au passage de l'état de repos à l'état de mouvement uniforme.

C'est donc un travail supplémentaire à fournir pendant un temps plus ou moins long.

Dans les trains de voyageurs, où il importe d'atténuer autant que possible le mouvement de lacet, on serre les voitures, tampon contre tampon, et on ne se départit de cette règle que sur les sections présentant de nombreuses courbes à petits rayons; l'effort de démarrage est donc considérable, parce qu'il faut presque mettre tous les véhicules en mouvement d'un seul coup; cet effort atteint 22 kilogrammes par tonne de charge utile.

Dans les trains de marchandises, les inconvénients du mouvement de lacet ne sont pas grands, et il est indispensable de ne pas demander aux machines un effort trop considérable; aussi les attelages ne sont-ils pas serrés, et les wagons peuvent être mis en mouvement d'une manière successive, un des wagons ne commençant à marcher que lorsque le précédent a déjà fait assez de chemin pour tendre la chaîne d'attelage.

Aussi, la résistance au démarrage des trains de marchandises n'est-elle que de 13 kilogrammes par tonne; avec de longs trains, on peut même descendre à 8 et 6 kilogrammes par tonne.

Dans ces conditions, on ne demande pas aux machines un effort bien supérieur à celui qu'exige le train en marche à sa vitesse normale, et le démarrage, conduit lentement, s'effectue relativement avec facilité.

Influence des courbes sur la résistance à la traction. — Au passage dans les courbes, l'effort de traction est augmenté à cause des frottements supplémentaires qu'exige la déviation. Cependant, l'augmentation peut être notablement atténuée, lorsque l'on apporte au matériel tous les perfectionnements que nous avons indiqués, afin de faciliter le passage en courbe.

Les grandes artères, avec leurs courbes à rayons compris entre 700 et 1,000 mètres, ne donnent pas lieu à un accroissement notable de résistance, et on peut se contenter des formules du paragraphe précédent.

Mais, lorsque le matériel est rigide et disposé spécialement en vue de la circulation en ligne droite, on peut admettre qu'il produit, lors du passage dans une courbe, un accroissement de résistance exprimé par la formule

$\frac{1000}{R}$, dans laquelle R est le rayon de la courbe, exprimé en mètres.

Au contraire, avec un matériel perfectionné construit en vue de la circulation dans les courbes, l'accroissement de résistance est moitié moindre et exprimé par $\frac{500}{R}$; si les trains sont courts et les attelages peu serrés, on descend même à $\frac{250}{R}$.

Influence de la pesanteur sur la résistance à la traction. — Dans tout ce qui précède, nous avons considéré une voie de niveau, mais le profil en long d'une ligne est toujours très-accidenté; les paliers, les rampes et les pentes s'y succèdent dans un ordre variable, et la pesanteur intervient, tantôt pour favoriser la marche du train et accélérer sa vitesse lorsqu'il descend une pente, tantôt pour entraver sa marche et retarder sa vitesse lorsqu'il gravit une rampe.

Soit un poids P sur une voie en pente; il a deux composantes, l'une $P\cos\alpha$ normale à la pente, l'autre $P\sin\alpha$ parallèle; celle-ci vient au secours du moteur pendant la descente et l'entrave pendant la montée.

Comme il s'agit toujours d'angles très-petits dont la tangente trigonométrique ne dépasse pas 0,03 à 0,04, le sinus et la tangente ont très-sensiblement

même valeur, et si l'on désigne par i la tangente trigonométrique de l'inclinaison, ce qu'on appelle la pente, la composante parallèle à la voie sera

Pi, ou bien i kilogrammes par tonne, en supposant que la valeur de i soit exprimée en millièmes.

Ainsi, sur des pentes de 1, 2, 3... 15 millimètres par mètre, la composante de la pesanteur sera de 1, 2, 3... 15 kilogrammes par tonne. C'est une mesure bien facile.

Dans les formules exprimant le tirage indépendamment de la pesanteur, il faudrait substituer au poids P du train sa composante $P \cos \alpha$ normale à la voie, mais la différence entre P et $P \cos \alpha$ est si faible dans la pratique qu'on n'en tient pas compte.

Exemple : soit une pente de 0,03, on peut supposer que $\sin \alpha$ est égal précisément à 0,03 ; alors $\cos \alpha$ est égal à $1 - \overline{0,03}^2$
ou 0,9991.

Donc, si on a un wagon pesant 10,000 kilogrammes, on devrait ne prendre pour la réaction normale à la voie que 9,991 kilogrammes.

On voit que, même avec une inclinaison exceptionnellement forte, la différence est insensible.

Résistance du moteur : machine et tender. — Le moteur, comprenant la locomotive et le tender, qui porte la provision d'eau et de charbon, emploie une partie considérable de sa puissance à maintenir son mouvement, à remorquer sa propre masse et à vaincre les frottements de toute nature et les chocs des nombreuses pièces du mécanisme.

En ce qui touche le tender, il diffère peu des véhicules ordinaires et présente seulement des formes plus solides ; quelques ingénieurs l'assimilent entièrement aux voitures ordinaires ; c'est un tort, car sa résistance est plus considérable. Il vaut mieux le considérer comme partie intégrante du moteur et chercher la résistance à la traction par tonne du poids total.

Trois éléments de résistance interviennent dans la traction du moteur :

1° Le frottement de roulement à la circonférence des roues, le frottement de glissement des fusées dans les boîtes à graisse, la résistance spéciale à l'accroissement de vitesse et au passage dans les courbes ; ce premier élément est le même que nous avons étudié pour les véhicules ordinaires. En général, les roues des machines sont plus grandes que celles des wagons, et cela entraînerait une diminution de résistance ; mais il faut, dans les machines et tenders, adopter des fusées de diamètre considérable, et c'est une cause sérieuse d'augmentation du frottement ;

2° Les frottements, grippements et chocs résultant des mouvements complexes que subissent les diverses pièces de la machine : pistons, bielles, manivelles, leviers, etc., ces frottements et chocs étant considérés indépendamment de la pression de la vapeur, c'est-à-dire en supposant que la locomotive marche à vide et est traînée par un autre moteur ;

3° Les frottements, grippements et chocs supplémentaires résultant de la pression de la vapeur sur tous les éléments mobiles énumérés au paragraphe précédent.

On a cherché à apprécier séparément l'influence de chacun des éléments de la résistance, et voici comment on a opéré :

On compose un train de deux locomotives, l'une motrice, l'autre remorquée, dont on connaît le poids. A cette dernière on a enlevé, ou plutôt on a déclanché tous les organes mobiles, de sorte que la résistance à la traction ne comprend

que l'effort nécessaire au roulement ; cet effort est indiqué par un wagon dynamomètre interposé entre la machine motrice et la machine remorquée.

Cette même machine est ensuite remontée, de manière que son mouvement de progression entraîne le mouvement de tout son mécanisme ; mais on a soin de placer le levier de la coulisse de Stephenson au point mort, de fermer le régulateur ou prise de vapeur et d'ouvrir les robinets purgeurs du cylindre, afin que l'air ne puisse se comprimer sur aucune des faces du piston. — La machine ainsi disposée est remorquée à nouveau avec la même vitesse que tout à l'heure ; le dynamomètre accuse une traction plus considérable, et l'excédant mesure la part qui revient au mécanisme.

Le plus difficile est de mesurer la résistance supplémentaire que cause la pression de la vapeur dans une machine en fonction. — Supposez que l'on place un indicateur de Watt sur le cylindre et qu'on mesure le travail produit par la vapeur sur le piston, pendant que la machine s'avance avec une certaine vitesse d'un mouvement uniforme ; ce travail total est égal à la somme des travaux absorbés par les trois éléments de résistance que nous considérons ; or, l'effet des deux premiers éléments est connu grâce aux deux séries d'expériences qui précèdent, on déduira donc par différence la part de la traction totale qui revient au 3e élément, c'est-à-dire à la pression de la vapeur. — Seulement, de pareilles observations manquent de précision, car un indicateur de Watt fonctionne d'une manière bien incertaine sur le piston d'une machine animée d'une grande vitesse.

Les expériences exécutées sur la résistance des locomotives à la traction sont peu nombreuses, parce que ces expériences ne s'accordent guère avec les nécessités de l'exploitation d'une voie ferrée à grand trafic. Néanmoins, celles des ingénieurs de la Compagnie de l'Est et de M. l'ingénieur Forquenot ont permis d'établir des nombres d'une exactitude suffisante pour les besoins de la pratique.

D'une manière générale, on a trouvé que :

Pour une machine isolée, la résistance due aux frottements du mécanisme est à peu près égale à celle qui résulte du roulement. L'une et l'autre entrent donc pour moitié dans la résistance totale à la traction.

La résistance additionnelle causée par la pression de la vapeur sur les organes mobiles peut être évaluée à environ 3 kilogrammes pour chaque tonne du poids de la machine.

Sans entrer dans de plus longs détails, nous renverrons le lecteur au mémoire de MM. les ingénieurs Vuillemin, Guebhard et Dieudonné, et nous nous contenterons de résumer ici les résultats des expériences :

TABLEAU DES RÉSISTANCES DES LOCOMOTIVES ET TENDERS A LA TRACTION,
(Abstraction faite de la pesanteur).

DÉSIGNATION DES MACHINES.	VITESSE en kilomètres à l'heure.	POIDS de la machine (tonnes).	POIDS du tender (tonnes).	RÉSISTANCE par tonne de la machine (kilogr.).	RÉSISTANCE par tonne du tender. (kilog.).	RÉSISTANCE du moteur complet. (kilog.).
Machine à roues libres (ordinaires.). .	45	25	17	8.5	5.5	306
— — pour trains express. .	70 à 80	27	19	17	14	725
Machine à 4 roues couplées.	35	26	18	9	6	342
Id.	45	26	18	9.5	7	373
Id.	55	26	18	11	8	430
Id. (express). .	65	26	18	12	9	474
Machine à 6 roues couplées.	28	32	18	15.0	5	570
Machine à 8 roues couplées.	20	47	18	23.0	5	1171
Machine tender à 4 roues couplées. .	30 à 40	26	»	12	»	312
— à 6 roues couplées. .	»	27	»	16	»	432
— à 8 roues couplées.. .	»	47	»	24	»	1128

Les nombres relatifs aux machines-tenders sont extraits du cours de M. l'ingénieur Bazaine à l'École des ponts et chaussées.

Applications des données numériques précédentes. — Grâce aux données numériques précédentes, il est facile de calculer la résistance à la traction que présentera un train d'un poids connu sur une ligne dont on connaît le plan et le profil en long.

Nous allons prendre comme exemples les trois espèces de trains ordinairement en usage, savoir :

1° Un train léger à grande vitesse, ou express;

2° Un train moyennement léger, à vitesse ordinaire ou train mixte;

3° Un train lourd à faible vitesse, ou train de marchandises.

1° *Train express.* — Soit un train express de 40 tonnes, remorqué par une locomotive et son tender, sur des rampes atteignant au plus 6 millimètres et dans des courbes ayant au moins 500 mètres de rayon, avec une vitesse de 70 kilomètres à l'heure.

Le tableau de la page 103 nous apprend qu'à cette vitesse la résistance à la traction sur niveau est de $13^{kg},55$ par tonne du poids remorqué; il faut ajouter pour les rampes un effort de 6 kilogrammes par tonne et pour les courbes un effort d'environ 1 kilogramme, parce qu'on a disposé le matériel et la voie en vue de favoriser la circulation en courbe. C'est donc un effort total de $20^{kg},55$ par tonne du poids remorqué.

La locomotive est à roues libres; d'après le tableau de tout à l'heure, elle pèse 27 tonnes et son tender 19, ce qui fait 46 tonnes pour le moteur complet. La résistance de ce moteur sur niveau est, toujours d'après le tableau, de 725

kilogrammes, à quoi il faut ajouter 6 kilogrammes pour les rampes et 1 kilogramme pour les courbes, soit 7 kilogrammes par tonne.

Récapitulons. Nous trouvons :

40 tonnes remorquées, exigeant chacune une traction de 20k,55, soit. . . .	822 kilog.
Effort de traction du moteur sur niveau.	725 —
Effet de la pesanteur et des courbes : 7 kilogrammes pour chacune des 46 tonnes du moteur.	322 —
Résistance totale.	1869 —

2° *Train mixte.* — Soit un train mixte pesant 150 tonnes, remorqué sur la même ligne que plus haut, avec une vitesse de 50 kilomètres à l'heure.

Chaque tonne remorquée absorbe un effort de 6kg,95 pour le tirage sur niveau; il faut ajouter 6 kilogrammes pour les rampes et 1 kilogramme pour les courbes, ce qui fait en tout 13kg,95, ou 14 kilogrammes par tonne remorquée.

Le moteur comprend une machine à quatre roues couplées de 26 tonnes avec un tender de 18 tonnes; il pèse en tout 44 tonnes, et, d'après le tableau précédent, absorbe pour son mouvement sur niveau un effort de 400 kilogrammes, à quoi il faut ajouter 7 kilogrammes par tonne, soit 308 kilogrammes pour les courbes et rampes.

La résistance du poids remorqué est donc de 14×150.	2100 kilog.
Celle du moteur est de 400 + 308.	700 —
Et la résistance totale.	2800 —

3° *Train de marchandises.* — Soit un train de 300 tonnes, remorqué sur la ligne précédente par une machine à six roues couplées, c'est-à-dire avec une vitesse d'environ 30 kilomètres à l'heure.

La résistance par tonne remorquée, sur niveau, à cette vitesse est de 3kg,50; ajoutant 6 kilogrammes pour les rampes et 1 kilogramme pour les courbes, cela fait un total de 10kg,5 par tonne remorquée.

Le moteur exige, sur niveau, une traction de 570 kilogrammes; il pèse 50 tonnes, et, par conséquent, exige 7 fois 50 ou 350 kilogrammes de traction pour les rampes et courbes.

En résumé,

La résistance du train remorqué est de 300×10,5 ou de.	3150 kilogr.
La résistance du moteur est de 570+350 ou de.	920 —
La résistance totale du train est de.	4070 —

Ces exemples suffisent à faire comprendre le calcul dans tous les cas; on voit combien est simple la marche de ce calcul.

2° PUISSANCE DE TRACTION D'UNE LOCOMOTIVE. — ADHÉRENCE.

Puissance de traction d'une locomotive. — Le théorème de l'égalité du travail moteur et du travail résistant va nous fournir une expression très-simple de la traction, ou effort qui s'exerce à la circonférence des roues motrices d'une locomotive.

Désignons par : T cette traction,
p, la pression maxima de la vapeur dans la chaudière.
D, le diamètre des roues motrices.
d, le diamètre des cylindres.
l, la course du piston dans ces cylindres.

La pression p ne se transmet pas sans perte de la chaudière dans les cylindres; elle est diminuée dans son parcours par le frottement, les étranglements, évasements successifs des conduits, par les pertes de chaleur, par les avances à l'admission et à l'émission.

En outre, bien que les locomotives soient à détente variable, la détente n'est jamais nulle. Pour toutes ces raisons, on admet que la pression effective moyenne par unité de surface du piston, n'est pas égale à p, mais seulement à $0{,}65\,p$.

La surface d'un piston est égale à $\frac{\pi d^2}{4}$, et, comme il y a deux pistons, la pression s'exerce sur une surface double; son travail, pour une course aller et retour des pistons, sera donc mesuré par

$$0{,}65\,p.\frac{\pi d^2}{2}.\,2l = 0{,}65.\pi.p.d^2.l$$

Dans le même temps, les roues motrices ont fait un tour complet, c'est-à-dire que le point d'application de l'effort T, qui leur est appliqué tangentiellement, ce point d'application a parcouru un espace πD, d'où un travail résistant π.D.T, égal au travail moteur dont nous avons donné ci-dessus l'expression.

De cette équivalence il résulte l'équation

$$(1) \qquad T = 0{,}65\,\frac{p.d^2.l}{D}$$

A un tour de roue correspondent une oscillation double des pistons dans leurs cylindres et une consommation totale de quatre cylindres de vapeur.

Ce volume est exprimé par

$$4.\frac{\pi.d^2}{4}.l, \text{ ou } \pi d^2 l$$

et il est dépensé pendant que s'exécute un tour de roue, c'est-à-dire pendant que la machine progresse sur les rails d'une longueur πD.

Si V est la vitesse de la machine, c'est-à-dire le nombre de mètres qu'elle parcourt à la seconde, les roues motrices font par seconde un nombre de tours égal au rapport $\frac{V}{\pi D}$ et, dans le même temps, la consommation de vapeur est de :

$$\frac{V}{\pi D}.\pi.d^2 l \quad \text{ou de} \quad \frac{Vd^2 l}{D};$$

Cette consommation est égale à la production de la chaudière, et on admet que cette production est proportionnelle à la surface de chauffe S; cela serait vrai s'il y avait toujours le même rapport entre la surface de chauffe directe et la surface de chauffe indirecte; mais nous avons montré qu'il n'en est rien surtout dans les nouvelles machines. Quoi qu'il en soit, on admet qu'on peut de-

mander une vaporisation constante K à chaque mètre carré de surface de chauffe, et on représente par KS la production de vapeur d'une chaudière.

Égalant la consommation et la production, on trouve

$$V\frac{d^2.l.}{D}=KS, \quad \text{ou,} \quad (2) \quad V=K\frac{S.D.}{d^2.l}.$$

Multipliant les équations (1) et (2), on obtient l'équation

$$(3) \qquad T.V=0{,}65.K.p.S.$$

expression qui représente le travail de la traction T en une seconde.

De l'adhérence. — On appelle adhérence le frottement de première espèce ou de glissement qui se produit au contact du bandage de la roue et du rail.

Supposez une machine dont les roues motrices seraient calées, l'adhérence serait mesurée par l'effort à exercer pour entraîner cette machine sur les rails, en négligeant toutefois la part absorbée par le roulement des autres roues. L'adhérence, comme le frottement, est la réaction tangentielle que détermine le glissement d'un corps sur un autre.

En particulier, si un corps pesant glisse ou est sur le point de se glisser sur une surface plane horizontale, il se développe une réaction horizontale proportionnelle au poids du corps mobile et à un coefficient f, qui dépend de la nature et de l'état physique des surfaces en contact.

Ainsi, en désignant par P le poids total transmis aux rails par les bandages des roues motrices d'une locomotive, l'adhérence de cette locomotive sera mesurée par fP.

L'adhérence est la limite de l'effort de traction T que la machine est susceptible de développer.

Supposez qu'on attelle à la locomotive un nombre croissant de wagons, tant que le tirage nécessaire à la mise en roulement de ces wagons et du moteur lui-même est inférieur à l'adhérence fP des roues motrices, le mouvement de progression se produit, puisque c'est lui qui exige la moindre force, et il commence lorsque, par suite du jeu des pistons et de la pression de la vapeur, la traction T devient égale à cette force.

Mais lorsque le nombre des wagons attelés augmente de telle sorte que le tirage nécessaire au mouvement de progression dépasse l'adhérence fP des roues motrices, cette adhérence est vaincue la première; les roues motrices glissent sur le rail, c'est-à-dire qu'elles tournent sur place, la machine patine.

D'une manière générale, le patinage a lieu lorsque l'ensemble des résistances au roulement est supérieur au frottement de glissement des roues motrices sur le rail.

Ainsi, on a une limite bien simple de la force de traction d'une locomotive, c'est l'adhérence.

On peut donc poser l'équation de condition

$$(4) \qquad T \text{ ou } 0{,}65.\frac{p.d^2.l}{D} \leqq fP$$

Le premier terme de cette inégalité ne représente pas absolument la valeur de T, car nous avons établi l'équation

$$T=0{,}65\frac{p.d^2.l}{D}$$

en égalant le travail sur les pistons au travail à la circonférence des roues motrices; mais, entre les pistons et la circonférence des roues motrices, il y a du travail absorbé par les frottements et les chocs : il faudrait donc diminuer un peu le premier membre de la relation (4). On n'a pas l'habitude de faire cette correction qui n'a pas grande importance, et, du reste, si la relation (4) est vérifiée, à plus forte raison la relation corrigée le serait-elle.

Valeur de l'adhérence. — La valeur de l'adhérence, c'est-à-dire du coefficient f, est essentiellement variable avec la nature du rail et son état physique. A l'origine des chemins de fer on ne soupçonnait pas la valeur de l'adhérence, et nous avons vu qu'on eut l'idée de garnir la circonférence des roues motrices de dents engrenant avec une crémaillère placée le long de la voie. Cet auxiliaire est inutile, et l'adhérence est bien suffisante à produire le mouvement, tant qu'on ne dépasse pas les rampes pour lesquelles la locomotive est vraiment acceptable, au point de vue de l'effet utile et de l'économie.

Les premières valeurs de l'adhérence furent données par Nicholas Wood, qui trouva pour le coefficient f : $\frac{1}{4}$ sur des rails bien secs, $\frac{1}{12}$ sur des rails boueux, $\frac{1}{15}$ sur des rails très-gras. Ces valeurs sont beaucoup trop fortes et proviennent évidemment d'expériences inexactes ou exécutées sur des lignes en mauvais état.

Les expériences les plus récentes et les plus dignes de foi sont celles des ingénieurs du chemin de fer de l'Est, qui sont arrivés aux résultats suivants :

Temps sec. — Sur 33 expériences, le coefficient f a été

Trois fois compris entre		$\frac{1}{4}$ et $\frac{1}{5}$	dans des conditions ordinaires on peut donc compter sur $\frac{1}{7}$.
Huit fois	—	$\frac{1}{5}$ et $\frac{1}{6}$	
Dix fois	—	$\frac{1}{6}$ et $\frac{1}{7}$	
Huit fois	—	$\frac{1}{7}$ et $\frac{1}{8}$	
Deux fois	—	$\frac{1}{8}$ et $\frac{1}{9}$	
Une fois	—	$\frac{1}{9}$ et $\frac{1}{10}$	

Temps un peu humide. — Le coefficient est compris entre $\frac{1}{7}$ et $\frac{1}{8}$

Temps humide. — Le coefficient varie de $\frac{1}{13}$ à $\frac{1}{8}$.

Pluie continue. — Le coefficient s'élève d'abord de $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{11}$, puis descend vers $\frac{1}{8}$.

Pluie forte. — Le coefficient devient constant et se fixe entre $\frac{1}{6}$ et $\frac{1}{7}$.

Ainsi, par un beau temps bien sec, c'est-à-dire en été, on peut compter sur une adhérence de $\frac{1}{5}$.

Par un temps humide, il est prudent de se limiter à $\frac{1}{8}$.

Avec une machine donnée, on pourra donc remorquer des trains beaucoup plus lourds en été qu'en hiver.

Les expériences de M. Poirée ont montré que l'adhérence diminuait avec la vitesse; ainsi, sur des rails secs, l'adhérence était de $\frac{1}{9,8}$ pour une vitesse de 26 kilomètres à l'heure et de $\frac{1}{8,8}$ pour une vitesse de 90 kilomètres; sur des rails mouillés, l'adhérence, dans les mêmes conditions de vitesse, passait de $\frac{1}{7}$ à $\frac{1}{11}$.

En résumé, on peut admettre, en France, que le coefficient d'adhérence est de $\frac{1}{7}$, et c'est de ce nombre qu'on se sert dans les calculs de traction.

Mais l'influence du climat est considérable; aux États-Unis d'Amérique, on

peut compter sur $\frac{1}{6}$; sous un climat un peu humide, on fera bien de se limiter à $\frac{1}{8}$.

Le brouillard, la rosée, tout ce qui rend les rails gras, abaissent le coefficient. Lorsque la pluie commence à tomber, le coefficient s'abaisse aussi, mais il reprend sa valeur normale lorsque le rail est lavé à grande eau ; le coefficient diminue encore lorsque la pluie finit de tomber.

Dans les souterrains, les rails sont toujours gras et glissants ; l'adhérence est considérablement réduite, et, même en recourant au sable, l'adhérence est de $\frac{1}{8}$; dans les souterrains de grande longueur, elle se réduit à $\frac{1}{10}$.

Ainsi pour circuler aussi facilement en souterrain qu'à ciel ouvert, il faut réduire les rampes en souterrain, afin de diminuer l'effort de traction et par suite l'adhérence à exiger des machines.

Il ne semble pas que l'adhérence soit moindre sur les rails en acicr que sur les rails en fer. Pour augmenter l'adhérence et la ramener à peu près à sa valeur normale, lorsqu'elle se trouve accidentellemnt réduite par le fait de la pluie ou du passage en souterrain, on se sert de sablières qui laissent couler sur le rail, en avant de la roue motrice, un mince filet de sable qui donne du rugueux à la surface de roulement.

RÉSOLUTION DU PROBLÈME DE LA TRACTION.

Le problème de la traction comprend deux termes que nous venons de calculer : d'une part, la résistance au mouvement du train et de son moteur; d'autre part, la puissance du moteur ou l'effort dont il est capable.

La véritable solution de ce problème consisterait à égaler, sans cesse, la résistance du train à l'effort maximum de la machine, de manière à ne rien perdre de la force disponible.

Mais on conçoit sans peine qu'une solution aussi rigoureuse est impossible à réaliser pratiquement, si ce n'est sur certaines lignes établies dans des conditions toutes spéciales.

L'équation (1) nous apprend que : l'effort de traction T d'une machine est proportionnel à la pression de la vapeur dans la chaudière, au volume (d^2l) du cylindre, et en raison inverse du diamètre des roues motrices.

Ainsi, les machines traînant une lourde charge, c'est-à-dire les machines à marchandises, exigent de grands cylindres et des roues motrices de petit diamètre, avec une pression de vapeur aussi élevée que possible.

L'équation (2) nous apprend que : la vitesse V à la seconde est proportionnelle à la surface de chauffe, au diamètre des roues motrices, et, en raison inverse du volume des cylindres.

Ainsi, les machines de grande vitesse, remorquant les express, doivent pouvoir fournir une grande quantité de vapeur dans l'unité de temps : elles exigent des roues motrices de grand diamètre et des cylindres de petit volume.

L'équation (3) nous apprend que : le produit de la vitesse V, par l'effort de traction T, c'est-à-dire le travail moteur, est constant, pourvu que la pression et la surface de chauffe ne varient pas ; donc, une machine donnée est susceptible, dans de certaines limites, de remorquer une lourde charge à faible vitesse, ou une petite charge à grande vitesse.

Nous avons dit dans de certaines limites ; car, si l'on voulait une vitesse V

trop forte, l'effort de traction T deviendrait trop faible pour équilibrer la résistance du train; si l'on voulait, au contraire, une vitesse trop faible, l'effort de traction T prendrait une grande valeur, bien supérieure à l'adhérence, et les roues motrices se mettraient à patiner. Il est vrai qu'on peut alors pousser la détente à ses dernières limites, étrangler les orifices de vapeur et abaisser le coefficient 0,65 à une valeur très-faible, mais ce n'est plus une marche normale.

De l'équation (1)

$$T = 0{,}65 \frac{p.d^2.l}{D},$$

on déduit :

$$\frac{TV}{V} = 0{,}65 \frac{p.d^2.l}{D},$$

le numérateur du premier membre n'est autre que le travail moteur; supposons-le constant, la formule ci-dessus nous montre que la vitesse V est proportionnelle au diamètre des roues motrices et en raison inverse du volume des cylindres. Les machines, devant circuler à très-petite vitesse, devront donc avoir des roues motrices de très-petit diamètre et de très-gros cylindres; les roues très-petites sont inadmissibles, à cause de leur grande résistance au roulement et de la place qu'il faut laisser à la rotation des manivelles; les très-gros ou très-longs cylindres sont aussi inadmissibles, à cause des difficultés de fabrication. On est donc forcé de conserver des roues d'un certain diamètre et des cylindres d'un volume réduit, mais il est possible de diminuer la vitesse et de conserver un travail moteur considérable, en interposant entre l'essieu des roues motrices et les pistons un arbre, qui recevra par bielle et manivelle l'action des pistons et transmettra cette action à l'essieu moteur, par l'intermédiaire d'un engrenage.

L'équation (4) nous apprend que : l'effort de traction T est proportionnel au poids adhérent P, c'est-à-dire au poids transmis aux rails par les bandages des roues motrices.

Lorsque la vitesse est considérable, l'effort de traction est faible, et on n'a pas besoin d'un grand poids adhérent; on se contente d'un seul essieu moteur et on a une machine à roues libres. Le poids transmis par l'essieu moteur ne doit pas dépasser une certaine limite, afin d'éviter l'écrasement des bandages aussi bien que l'écrasement des rails; en France, on se limite d'ordinaire à une charge de 15 tonnes sur l'essieu moteur.

Lorsque la vitesse est faible, c'est-à-dire dans le cas de trains de marchandises, il faut un effort de traction et, par suite, un poids adhérent considérable; on ne réalise ce poids adhérent qu'en accouplant à l'essieu moteur plusieurs autres essieux; l'essieu moteur ne peut donc tourner sans les autres, et l'adhérence totale, qu'il s'agit de vaincre pour faire patiner la machine, est la somme des adhérences partielles de chacun des essieux accouplés. Sur les grandes lignes l'accouplement le plus ordinaire pour les machines à marchandises est celui de trois essieux et l'on fait porter à chaque essieu 9 à 12 tonnes; aujourd'hui, on ne reste guère au-dessous de 12 tonnes.

Entre les machines à roues libres et les machines à six roues couplées, on trouve les machines mixtes à quatre roues couplées; celles-ci conviennent aux trains omnibus, ou même aux trains express sur des lignes accidentées. Elles sont susceptibles de fournir un effort considérable et une bonne vitesse. Chaque essieu porte 10 à 12 tonnes.

Pendant longtemps on a craint d'imposer les grandes vitesses aux machines à essieux couplés ; on redoutait les chocs et les ruptures des bielles d'accouplement ; l'expérience a prouvé que les craintes étaient exagérées, et on attèle maintenant des machines à quatre roues couplées sur des trains express.

Des machines pesant 10 à 13 tonnes par essieu ne pourraient circuler, sans danger, sur les chemins de fer d'intérêt local, où l'on emploie quelquefois des rails à poids réduit et des traverses un peu faibles : des voies de ce genre doivent être ménagées, et il faut y remorquer les trains avec des machines spéciales, à quatre ou à six roues couplées par exemple, ne pesant que 7 à 8 tonnes par essieu. C'est un des moyens de réaliser une certaine économie sur la construction des chemins de fer d'intérêt local.

Dimensions de quelques locomotives. — Avant de faire le calcul de la puissance des diverses machines et de voir quels trains elles sont capables de remorquer sur un profil donné, il convient d'en donner une description sommaire avec leurs principales dimensions :

1. — MACHINES A ROUES LIBRES.

	TYPE DU LYON. CAIL, 1856.	CREUSOT. RUSSIE, 1861.	TYPE ACTUEL.
Diamètre des roues motrices.	1m.81	2m.10	2m.20
Pression effective dans la chaudière.	7atm.	8atm.	7atm.
Diamètre des cylindres..	0m.40	0m.44	0m.40
Course des pistons..	0m.60	0m.60	0m.55
Nombre des tubes.	156	180	»
Longueur des tubes.	3m.55	4m.35	»
Surface de chauffe tubulaire.	83m.151	118m.14	»
Surface de chauffe directe.	6m.78	10m.14	»
Surface de chauffe totale..	90m.29	123m.28	90m
Poids total de la machine..	28.560k	39.500k	27.000k
Poids sur l'essieu moteur..	12.640k	11.120k	11.000k

Appliquons nos formules au type actuel :

L'adhérence, en admettant le coefficient $\frac{1}{7}$, est de 1,570 kilogrammes. L'effort de traction, calculé par la formule

$$T = 0{,}65 \frac{p.d^2 l}{D}.$$

dans laquelle on fait p égal à 7 fois la valeur d'une atmosphère, c'est-à-dire 7 fois 10,333 kilogrammes, est de 1,880 kilogrammes.

Cet effort ne pourra être développé que lorsque l'adhérence sera plus forte que $\frac{1}{7}$ et atteindra $\frac{1}{6}$, puisqu'alors le poids adhérent atteindra lui-même 1,830 kilogrammes. Il y a donc un bon rapport entre l'adhérence et la puissance de la machine.

Supposons que la voie à parcourir présente des rampes d'au plus 6 millimètres, avec des courbes ayant au moins 500 mètres de rayon et qu'on veuille réaliser une vitesse de 70 kilomètres à l'heure, nous avons vu à la page 08 que la machine et son tender absorbaient déjà pour leur propre mouvement 1,047

kilogrammes, et que chaque tonne remorquée absorbait 20kg,55 ; on pourra donc remorquer autant de tonnes qu'il y a d'unités dans le rapport

$$\frac{1570-1047}{20,55}, \text{ ou 25 tonnes.}$$

Voici le poids approximatif des véhicules, vides ou chargés :

Véhicules à grande vitesse, voitures, fourgons à deux essieux, 7 tonnes (vides) et 9 tonnes chargés ;

Véhicules à petite vitesse, wagons plats, tombereaux, wagons fermés, 5 tonnes (vides), 9 à 10 tonnes chargés ; mais on connaît le poids des véhicules à petite vitesse, et on sait exactement de combien ils sont chargés, de sorte qu'on introduit dans le calcul leur poids réel.

Pour en revenir à notre train de tout à l'heure, la charge remorquée ne pourra être que de 25 tonnes, soit à peine deux voitures à voyageurs et un fourgon de queue.

Mais cette composition suppose que l'on veut maintenir la vitesse de 70 kilomètres sur toutes les rampes, ce qui n'est pas nécessaire. Il vaut mieux ralentir sur toutes les rampes exceptionnelles et supposer, par exemple, que la vitesse de 70 kilomètres ne sera conservée que sur les rampes inférieures à 3 millimètres.

Dans ce cas, la résistance propre du moteur n'est plus sur ces rampes que de 909 kilogrammes, et celle de la charge remorquée n'est que de 17kg,55 par tonne ; on pourra donc remorquer autant de tonnes qu'il y a d'unités dans le rapport

$$\frac{1570-909}{17,55},$$

soit 38 tonnes, ce qui correspond à trois voitures à voyageurs et un fourgon de queue.

Quelle sera alors la réduction de vitesse sur les rampes de 6 millimètres ? Le train pesant 38 tonnes et le moteur avec son tender 46 tonnes, cela fait en tout 84 tonnes ; afin de tenir compte des frottements et du mécanisme de la machine, on ajoute un quart à ce poids et on trouve un poids total de 105 tonnes.

Chaque tonne détermine une résistance à la traction formée de deux termes : l'un, x, qui dépend de la vitesse ; l'autre, 7 kilogrammes, qui tient aux rampes et aux courbes. La résistance totale à la traction est donc 105 $(x \times 7)$, et elle doit égaler au plus le poids adhérent, c'est-à-dire 1,570 kilogrammes, d'où l'équation

$$105(x+7)=1570$$

qui donne $x=8$ kilogrammes environ.

D'après le tableau de la page 103, cette résistance correspond à une vitesse d'environ 60 kilomètres à l'heure.

Ainsi le train précédent, comprenant trois voitures et un fourgon de queue, parcourra facilement la ligne donnée, pourvu qu'on admette sur les rampes des réductions de vitesse.

En calculant tout à l'heure la résistance du train, en prenant le poids total, moteur compris, et ajoutant un quart pour les résistances dues au mécanisme du moteur, nous avons suivi une méthode empirique ; cette méthode s'écarte peu de la vérité, elle est admise par beaucoup d'ingénieurs, et, si on n'y avait pas

recours, il faudrait chercher par tâtonnements, à l'aide des tableaux que nous avons donnés, quelle est la réduction de vitesse à observer sur les rampes.

Pour bien faire saisir toutes les faces du problème, cherchons maintenant quel nombre de voitures la machine qui nous occupe pourrait traîner sur niveau à la vitesse de 70 kilomètres.

L'effort de traction du moteur n'est plus que de. . . . . . . 725 kilog.
Et celui du train remorqué. . . . . $13^{k},55$ par tonne;

On pourra donc remorquer $\frac{1570-725}{13,55}=62$ tonnes, soit 6 voitures et 1 fourgon de queue.

Dans ce cas, la vitesse sera réduite à 35 ou 40 kilomètres sur les rampes de 6 millimètres.

2. MACHINES A 4 ROUES COUPLÉES.

DÉSIGNATION DES PARTIES.	Type du Midi. — Gouin 1855.	Paris-Lyon-Médit. grande vitesse. — Type actuel.	NORD grande vitesse. — Type actuel.	Machine mixte ordinaire.	Machine à 4 roues couplées — Krauss.
Diamètre des roues motrices.	$1^{m}.74$	$2^{m}.00$	$2^{m}.10$	$1^{m}.60$	$1^{m}.50$
Pression effective dans la chaudière. .	7^{atm}.	$7^{atm}.5$	9^{atm}.	7^{atm}.	9^{atm}.
Diamètre des cylindres.	$0^{m}.42$	$0^{m}.44$	$0^{m}.432$	$0^{m}.42$	$0^{m}.335$
Course des pistons.	$0^{m}.734$	$0^{m}.65$	$0^{m}.61$	$0^{m}.56$	$0^{m}.560$
Nombre des tubes.	180	»	»	»	»
Longueur des tubes.	$3^{m}.462$	$4^{m}.90$	$3^{m}.17$	»	»
Surface de chauffe tubulaire.	$88^{m}.092$	$117^{m}.62$	$87^{m}.62$	»	$75^{m}.47$
Surface de chauffe directe.	$7^{m}.777$	$7^{m}.46$	$10^{m}.00$	»	$4^{m}.614$
Surface de chauffe totale.	$95^{m}.869$	$125^{m}.00$	$97^{m}.62$	$110^{m}.00$	$80^{m}.114$
Poids total de la machine.	36.400	34.750	33.610	»	21.800
Poids sur les essieux accouplés. . . .	27.000	23.140	25.500	22.000	21.800

La machine dont les dimensions sont inscrites à la dernière colonne est à deux essieux seulement, et tout le poids concourt à l'adhérence; c'est une machine-tender qui convient parfaitement aux lignes secondaires. Elle est remar-

quable par sa légèreté, eu égard à sa surface de chauffe. On sait que la répulsion pour la machine à deux essieux seulement, répulsion qui s'est manifestée à la suite de l'accident du chemin de fer de Saint-Germain, n'existe plus et ne paraît plus justifiée.

Cherchons la puissance de la machine du Nord à quatre roues couplées, sur une ligne à grandes courbes, avec rampes ne dépassant pas 5 millimètres et un coefficient d'adhérence de $\frac{1}{7}$.

L'adhérence totale est de $\frac{25500}{7}$, ou de 3,642 kilogrammes, et c'est la limite supérieure de l'effort de traction.

La traction T, dont cette machine est capable, résulte de la formule

$$0,65.\frac{p.d^2.l}{D} = \frac{0,65.9.10333\ 0,432.0,432.0,61}{2,10} = 3282.$$

L'adhérence totale, en supposant le coefficient $\frac{1}{7}$, n'est donc pas tout à fait utilisée; mais, en somme, la différence est peu considérable, et, en réalité, sur la ligne du Nord, le coefficient d'adhérence peut être assez souvent un peu moindre que $\frac{1}{7}$; d'autre part, le coefficient de réduction 0,65, relatif à la perte de pression, est un peu faible dans de grandes machines bien construites, et on pourrait le rapprocher de 0,70. On voit qu'en réalité l'égalité entre l'adhérence et l'effort de traction est sensiblement établie.

Nous admettrons donc que la machine peut développer un effort de 3,200 kilogrammes; elle pèse 35 tonnes et son tender 18. Nous admettrons qu'elle circule à la vitesse de 65 kilomètres à l'heure, même sur les rampes de 5 millimètres.

Dans ce cas, sa résistance propre est de 17 kilogrammes par tonne de son poids, et celle du tender de 14 kilogrammes.

Le moteur absorbe donc à lui seul.	847 kilogr.
Et il ne reste pour l'effet utile que.	2353 —

D'après le tableau de la page 103, la résistance par tonne à la vitesse de 65 kilomètres est de 8^{kg},70 sur niveau; ajoutant 5 kilogrammes pour les rampes, cela fait 13^{kg},70 par tonne.

Le train remorqué pourra donc peser environ 170 tonnes, soit 18 voitures à voyageurs et 1 fourgon à bagages.

En limitant la vitesse à 50 kilomètres, on traînera une charge beaucoup plus considérable.

3° MACHINES A SIX ROUES COUPLÉES.

La machine à 6 roues couplées est la principale machine à marchandises de nos grandes lignes. Voici les dimensions de quelques types :

3. MACHINES A 6 ROUES COUPLÉES.

DÉSIGNATION DES PARTIES.	ORLÉANS — Cail, 1860.	EST — Creusot, 1860.	LYON — Cail, 1854.	BOURBONNAIS — Oullins, 1855.	Type actuel ordinaire.
Diamètre des roues motrices.	$1^m.52$	$1^m.42$	$1^m.50$	$1^m.26$	$1^m.30$
Pression effective dans la chaudière. .	8	8	7	8	8
Diamètre des cylindres.	0.45	0.44	0.42	0.45	0.45
Course des pistons.	0.65	0.66	0.736	0.805	0.65
Nombre des tubes.	187	197	154	197	»
Longueur des tubes.	$4^m.59$	$4^m.02$	$4^m.02$	$4^m.25$	»
Surface de chauffe tubulaire.	117.31	116.65	92.75	124.90	»
Surface de chauffe directe.	$8^m.22$	8.05	7.19	8.01	»
Surface de chauffe totale.	$125^m.53$	$124^m.70$	$99^m.94$	$132^m.91$	$131^m.00$
Poids total de la machine ou poids adhérent.	30.000	32.500	26.500	32.300	33.600

Appliquons le calcul au dernier type :

Le coefficient d'adhérence étant de $\frac{1}{7}$, la machine offrira une adhérence totale, limite de l'effort de traction, égale à 4,800 kilogrammes.

Sa puissance T, d'après la formule connue, est de

$$0{,}65.\frac{8.10333.\overline{0{,}45}^2.0{,}65}{1{,}3}=5440 \text{ kilog.}$$

Avec le coefficient d'adhérence précédent, toute la force de la machine ne sera pas utilisée; mais il arrivera souvent que l'adhérence sera supérieure à $\frac{1}{7}$, et on arrivera alors à utiliser toute la puissance. — Du reste, même avec les données actuelles, la perte est faible, et il vaut mieux avoir une certaine marge pour utiliser complétement l'adhérence lorsque le coefficient s'élève.

Admettons donc un effort de traction de 4,800 kilogrammes.

Le train remorqué marche avec une vitesse de 25 à 30 kilomètres à l'heure.

La résistance sur niveau de la machine et de son tender est de 570 kilogrammes (tableau de la page 107); il reste pour l'effort utile 4,230 kilogrammes.

La résistance par tonne remorquée (tableau de la page 103) est de $3^{kg},65$ en

admettant le graissage à la graisse; on pourra donc remorquer de niveau 1,150 tonnes, soit 115 wagons chargés. Avec le graissage à l'huile, on traînerait 1,410 tonnes.

Admettons que la ligne présente des rampes de 5 millimètres, le moteur éprouvera une résistance supplémentaire de $(32+18)\ 5=250$ kilogrammes, et il ne restera plus qu'une traction utile de 3880 kilogrammes.

Chaque tonne remorquée exigera un effort de $8^{kg},65$; le train ne pourra donc peser que 448 tonnes.

Avec une machine de renfort égale à la première, on pourra faire gravir au train, sans réduction de vitesse, des rampes de 13 à 14 millimètres.

4. MACHINES A 4, 5, 6 ESSIEUX ACCOUPLÉS.

DÉSIGNATION DES PARTIES.	ORLÉANS 8 roues couplées — Cail, 1862.	EST — Machine dite Engerth.	Paris-Méditerra. — Graffenstadt.	Machine à 10 r. couplées. — Aurillac à Murat	Machine à 12 r. accouplées du Nord. — Gouin, 1861.
Diamètre des roues motrices.	$1^m.287$	$1^m.26$	$1^m.26$	$1^m.07$	$1^m.06$
Pression effective dans la chaudière. .	8	8	9	8	9
Diamètre des cylindres.	$0^m.50$	$0^m.50$	$0^m.54$	$0^m.50$	$0^m.42$
Course des pistons.	$0^m.65$	$0^m.66$	$0^m.66$	$0^m.60$	$0^m.44$
Nombre des tubes.	259	»	»	»	454
Longueur des tubes.	$5^m.115$	»	$5^m.36$	$5^m.00$	$3^m.50$
Surface de chauffe tubulaire.	$199^m.00$	$183^m.92$	$189^m.77$	$200^m.00$	$189^m.00$
Surface de chauffe directe.	$10^m.40$	$9^m.71$	$9^m.71$	10.00	$10^m.00$
Surface de chauffe totale.	$209^m.40$	$193^m.63$	$199^m.48$	$210^m.00$	$199^m.00$
Poids de la machine vide.	37.500	41.090	44.800	47.850	»
Poids en charge.	43.000	46.310	51.200	60.630	57.600

La dernière machine de cette série est à quatre pistons, et les six essieux sont partagés entre deux groupes indépendants. La longueur des tubes a été considérablement réduite. — Son effort de traction peut s'élever à 9,500 kilogrammes; mais, pour atteindre cette limite, il faut être bien sûr de la résistance des attelages. Avec des attelages ordinaires, il est prudent de ne pas dépasser une traction de 8,000 kilogrammes.

Faisons le calcul de la locomotive à 10 roues couplées qui fait le service des marchandises de la ligne de Murat à Aurillac, sur des rampes de 0m,03; ces rampes ont 18 kilomètres de longueur sur un versant du Cantal et 9 kilomètres sur l'autre.

Les trains de marchandises, pesant 150 tonnes, sont remorqués à une vitesse de 15 à 25 kilomètres.

Voici la décomposition du poids de la machine en charge :

Poids de la machine vide avec agrès.	47850	kilogr.
Eau dans la chaudière (0m,10 au-dessus du ciel).	5580	—
Eau dans les bâches que porte la machine.	5400	—
Charbon dans le foyer.	300	—
Charbon dans les soûtes.	1500	—
Total.	60630	—

C'est donc une machine-tender. L'approvisionnement d'eau est suffisant, parce que toutes les stations possèdent des réservoirs d'une alimentation facile.

Le poids sur lequel il faut compter pour l'adhérence n'est pas le poids au départ, mais le poids minimum lorsque l'approvisionnement est épuisé, soit 53750 kilogrammes.

Avec un coefficient de $\frac{1}{7}$, l'adhérence est donc de 7,678 kilogrammes.

La résistance propre de la machine sur niveau peut être évaluée à 23 kilogrammes par tonne, et, sur rampe de 30 millimètres, cela fait 53 kilogrammes par tonne, soit une résistance de 60×53, ou de 3,180 kilogrammes pour le moteur seul.

Avec un bon graissage, la résistance d'une tonne remorquée sur niveau à la vitesse de 15 à 25 kilomètres, n'est que de 3 kilogrammes; sur la rampe, cette résistance atteindra 33 kilogrammes, et l'on pourra remorquer

$$\frac{7678 - 3180}{33}, \text{ ou 136 tonnes.}$$

En réalité, l'adhérence est plus considérable que nous ne l'avons supposée, parce qu'on n'arrive jamais à épuisement complet de l'approvisionnement, et on peut, avec la machine qui nous occupe, remorquer 150 tonnes sur rampe continue de 0,03.

Sa puissance de traction résulte de la formule

$$\frac{0{,}65 \; 9.10333.\overline{0{,}5}^2.0{,}6}{1{,}07}, \text{ ou 8473 kilogr.}$$

Avec le coefficient d'adhérence $\frac{1}{7}$, elle n'est donc pas tout à fait utilisée.

Force des locomotives en chevaux-vapeur. — On n'évalue guère la force des locomotives en chevaux-vapeur, parce que cette évaluation ne correspond à rien dans la pratique des chemins de fer; cependant, il est bon de la faire

Connaissant la force de traction T d'une machine en kilogrammes et sa vitesse V en mètres à la seconde, le travail qu'elle développe est le produit VT en kilogrammètres, et $\frac{VT}{75}$ en chevaux-vapeur.

D'après les nombres contenus aux paragraphes précédents, on peut donc dresser le tableau ci-après :

	VITESSE.	Effort de traction maximum.	TRAVAIL en kilogrammètres.	TRAVAIL en chevaux vapeur.
Machines à roues libres (express). . .	20m.00	1880	37.600	501
Machines mixtes.	14	3282	45.948	612
Machines à 6 roues accouplées.	8m.3	5440	45.152	602
Machines à 10 roues accouplées. . . .	5.55	8473	47.025	627

Poids des locomotives par mètre carré de surface de chauffe. — Le poids des locomotives par mètre carré de surface de chauffe est un élément que l'on considère quelquefois dans les calculs. Il n'est pas constant, car le rapport entre la surface tubulaire et la surface de chauffe directe ne l'est pas non plus. Nous avons vu que l'on tendait à raccourcir les tubes pour augmenter les dimensions du foyer, de sorte qu'on arrive à produire la même quantité de vapeur avec une moindre surface totale.

Quoi qu'il en soit, voici le poids des diverses locomotives par mètre carré de surface de chauffe.

	POIDS.	SURFACE DE CHAUFFE TOTALE.	POIDS PAR MÈTRE CARRÉ DE SURFACE DE CHAUFFE.
Machine à roues libres.	28.500	90	316k
Machine mixte.	30.000	110	272k
Machine à 6 roues couplées.	36.000	130	277k
Machine à 10 roues couplées.	48.000	210	228k

La machine Gouin, à 12 roues couplées du Nord, pèse 292 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe; ce poids fort tient à la réduction de la longueur des tubes.

La machine-tender à 6 roues couplées du Creusot pèse 240 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe. — A l'Exposition de 1867, la machine à deux essieux présentée par M. Krauss, de Munich, ne pesait que 204 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe.

La formule (5) de la page 110 nous apprend que le travail moteur TV, dont la machine est capable, est proportionnel à la pression p et à la surface de chauffe. Pour augmenter la puissance d'une locomotive, il faut donc augmenter sa surface de chauffe, ce qui entraîne une augmentation de poids.

C'est un rêve de chercher une machine puissante et légère tout à la fois; ce qu'on a pu faire, c'est de substituer au fer des métaux plus résistants que lui à poids égal, tels que l'acier. On est arrivé à diminuer ainsi le poids d'un certain nombre de pièces, sans changer la puissance de la machine. Mais rien n'indique en ce moment que l'on puisse aller plus loin dans cette voie.

Donc, toute machine puissante est en même temps une machine lourde, c'est-à-dire une machine à forte adhérence. L'adhérence croît à mesure que la puissance augmente, et il est inutile de chercher des moyens artificiels d'augmenter l'adhérence sur les fortes pentes, car on trouve naturellement l'adhérence nécessaire, puisqu'on est forcé de recourir à de puissantes machines. La locomotive ordinaire suffit.

Limite des rampes qu'une locomotive peut gravir. Conclusions sur l'emploi de la locomotive. — A mesure qu'on augmente l'inclinaison des rampes, le poids du train remorqué diminue; il arrive un moment où le moteur a assez à faire de se traîner lui-même, et c'est la rampe correspondante que nous voulons chercher.

1° *Machine à roues libres.*— Poids de la machine, 25 tonnes; poids du tender, 17 tonnes. Résistance propre sur niveau à la vitesse de 45 kilomètres à l'heure, 306 kilogrammes pour tout le moteur. Effort maximum de traction, 1,880 kilogrammes.

La rampe limite que pourra gravir ce moteur, exprimée en millimètres, résulte de l'équation

$306+42.x=1880$, qui donne pour x : 37 à 38 millimètres.

2° *Machine à 6 roues couplées.* — Poids de la machine, 32 tonnes; poids du tender, 18 tonnes. Poids total, 50 tonnes. Résistance du moteur à la vitesse de 28 kilomètres à l'heure, 570 kilogrammes. Effort maximum de traction, 5,440 kilogrammes.

La rampe limite que pourra gravir ce moteur résulte de l'équation

$570+50.x=5440$, qui donne 99 millimètres.

3° *Machine-tender à 10 roues couplées du Cantal.* — Poids total, 60000 kilogrammes. Résistance du moteur sur niveau, à la vitesse de 15 à 25 kilomètres, 23 kilogrammes par tonne, soit en tout 1380 kilogrammes. Effort maximum de traction, 8473 kilogrammes.

La rampe limite que pourra gravir ce moteur résulte de l'équation

$1380+60.x=8473$ qui donne 118 millimètres.

Les calculs précédents ne sont pas absolument exacts, parce qu'on ne tient pas compte de la réduction du poids adhérent due à la pesanteur.— Cependant, ils suffisent bien à montrer que les locomotives sont capables de gravir des rampes considérables, sans prendre des points d'appui en dehors des rails.

Il faut remarquer que l'effet utile des locomotives devient dérisoire bien avant que l'on ait atteint les limites précédentes. Sur des rampes fortes, ce merveilleux engin est absolument déplacé; il ne traîne qu'une faible charge en dehors de son propre poids et conduit à des résultats déplorables au point de vue économique.

On aura beau faire, quelles que soient les dispostions qu'on invente pour traîner

de lourdes charges sur de fortes rampes, il faudra une grande puissance et par suite une locomotive lourde, qui absorbera la plus grosse part de sa force à se mouvoir elle-même. — Le transport sera donc toujours fort coûteux au moyen d'un moteur mobile, et il paraît logique de recourir alors à un moteur fixe.

Ces saines notions sur le rôle de la locomotive sont souvent oubliées. M. Couche, dans son *Traité des chemins de fer*, si justement considéré comme un monument classique, les a mises bien nettement en évidence, et c'est un devoir pour nous de reproduire ici ses appréciations :

« La simplicité de la locomotive, sa grande puissance sous un faible poids et sous un faible volume, la docilité avec laquelle elle se prête aux conditions de travail les plus variées, en font un véritable chef-d'œuvre de mécanique.

Quand on envisage la complication du problème et la simplicité des moyens, on est émerveillé de la solution. Mais, après avoir d'abord trop douté des ressources de ce précieux instrument, on a fini par croire qu'il suffit à tout; que la locomotive est partout et toujours le mode de traction par excellence; que le tracé des voies ferrées doit se prêter à ses exigences, et que, tout en s'efforçant de les tempérer, il est inutile de chercher ailleurs quant au principe.

On a réussi, sans contredit, au point de vue des courbes, à donner à la locomotive une souplesse relative suffisante jusqu'à une limite de rayon d'abord inespérée; mais cette propriété n'est obtenue qu'aux dépens de l'effort de traction que la machine peut développer à petite vitesse, de la sûreté de son allure à grande vitesse, et de la simplicité de sa construction.

C'est pour les rampes surtout que le progrès a dépassé toute attente. Les chemins de fer s'écartent d'abord à peine des courbes de niveau; puis, ils admettent successivement des inclinaisons de 0,010, 0,020, 0,030, 0,035. La locomotive suffit encore à la tâche; alors, et sans se demander à quel prix, on ne s'arrête plus, du moins en projet, et on rêve, même pour les grandes lignes, des inclinaisons de 0,040, 0,045, 0,050, etc.

Mais l'expérience ramène bientôt à une plus saine appréciation des choses; il faut bien reconnaître qu'au delà d'une certaine limite d'inclinaison, limite à laquelle il est de plus en plus difficile d'échapper à mesure que les réseaux s'étendent, la locomotive, quoi qu'on fasse, ne donne plus qu'un effet utile dérisoire.

Comme tout instrument de travail, en effet, elle a sa sphère d'application très-étendue sans doute, mais en dehors de laquelle elle est comme dépaysée, paralysée même. Rares, d'abord, les circonstances dans lesquelles on ne peut la conserver qu'en forçant sa nature deviennent plus fréquentes. Le moment est venu de songer sérieusement alors à tirer parti des moteurs fixes, trop facilement acceptés au début des chemins de fer, mais trop négligés aujourd'hui, malgré les progrès réalisés dans la transmission à distance du travail mécanique.

En s'attachant à concentrer les difficultés du tracé au lieu de les répartir, comme on le fait, sur de grands développements; en le décomposant en biefs facilement accessibles aux locomotives, raccordés par de très-fortes rampes desservies par des machines fixes, on réussirait souvent à concilier les maxima d'économie de construction et d'exploitation. Cette décomposition, appliquée déjà à des chemins purement industriels, peut l'être aussi à la traversée des chaînes de montagnes par les grandes lignes. Tout en acceptant des souterrains d'une énorme longueur (indispensables d'ailleurs, quel que soit le mode de traction, pour éviter les difficultés de tout genre qu'une grande exploitation rencontrerait à de trop grandes altitudes), les tracés à locomotives ne peuvent généra-

lement atteindre ces souterrains de faîtes que par des voies à la fois très-sinueuses et très-inclinées, imposant à la construction, comme à l'exploitation, des charges excessives, qu'un changement radical de système permettrait parfois de réduire dans une très-forte proportion.

La principale conséquence qui ressort de l'ensemble des faits est celle-ci : après avoir pendant longtemps trop redouté les déclivités moyennes, on s'est ensuite trop familiarisé avec l'idée de rampes beaucoup trop fortes, et cela surtout parce qu'on n'était guère frappé que d'une considération : l'effet utile si réduit de la locomotive et qu'on s'y résignait. Cette considération est grave, nous y avons assez insisté; mais elle n'est pas la seule; loin de là. C'est seulement par une observation suivie de l'exploitation des chemins à très-fortes rampes qu'on peut juger, dans toute son étendue, la gravité rapidement croissante avec l'inclinaison, des inconvénients, des difficultés, des sujétions qu'elles entraînent. Les influences atmosphériques y affectent la régularité du service bien autrement que sur les profils ordinaires, soit par suite du travail constant des machines près de la limite d'adhérence, soit parce que cette limite est, en général, dans les régions montagneuses, plus basse et surtout plus fréquemment atteinte que sur les lignes peu accidentées.

Les exigences de la composition des trains, sous le rapport du nombre des freins, sont très-gênantes; elles conduisent souvent, sur des lignes à profil variable, à laisser sur certaines parties un excès de wagons à freins qui sont inutiles, pour éviter des remaniements de composition. L'emploi d'une machine en queue et l'application des freins, souvent de simples freins à levier, à une proportion considérable du matériel roulant, atténuent plus ou moins ces inconvénients.

Les très-fortes déclivités ont pour conséquence d'exiger des gares pourvues d'aménagements très-complets, pour faire face aux besoins imprévus de remaniement et de garage des trains; de rapprocher les machines de réserve, de multiplier les prises d'eau, etc., etc.

Si, sur les lignes à faible trafic, l'inclinaison peut être, à la rigueur, portée à 0,035, on doit regarder 0,025 comme une limite qu'il est très-désirable de ne pas dépasser sur les lignes importantes.

La commission technique de l'Union des chemins de fer d'Allemagne s'en tient même à cette limite, aussi bien pour les lignes secondaires que pour les chemins de premier ordre. Elle ne fait de concession, pour les chemins d'intérêt local, que relativement aux courbes, dont le rayon pourrait s'abaisser à 150 mètres (au lieu de 180 mètres), mais à condition d'avoir toujours une tangente de 50 mètres au moins entre les courbes inverses.

Ne craignons pas de répéter encore une fois qu'en général la presque impossibilité pratique de pousser plus loin l'inclinaison des rampes résulte non du défaut d'adhérence (les exemples qui précèdent le prouvent d'ailleurs), mais de la petitesse vraiment décourageante de la charge remorquée alors par les locomotives; que l'insuffisance de l'adhérence ne se manifeste guère tant que la vitesse de régime ne s'abaisse pas au-dessous de 12 kilomètres, et qu'au-dessous de cette limite seulement, et quelle que soit l'inclinaison, il devient nécessaire de chercher, en dehors de la seule adhérence due au poids, un point d'appui pour les roues motrices. »

DESCRIPTION SOMMAIRE DE QUELQUES LOCOMOTIVES.

Considérations générales sur les divers éléments d'une locomotive.— Avant de décrire les types les plus connus de locomotives, nous exposerons quelques considérations générales et résultats d'expériences sur les divers éléments dont elles se composent.

Nombre des essieux. — A l'origine, les locomotives n'avaient que deux essieux, comme les véhicules affectés aux transports.

La Fusée de Stephenson n'avait que quatre roues.

La machine qui remorquait le train de Paris à Saint-Germain, lors de l'accident qui fit tant de victimes en 1842, était aussi à quatre roues. — Ce type fut proscrit à partir de cette époque; du reste, il ne répondait pas aux nécessités du trafic.

On y revient aujourd'hui sur certaines lignes à faible trafic; la machine à quatre roues, présentant un moindre empâtement, circule plus facilement dans les courbes; mais, pour cette même raison, elle est plus sensible aux perturbations produites par les pièces mobiles du mécanisme, et ne convient pas aux grandes vitesses, à cause du mouvement de lacet qui en résulte.

La rupture d'un essieu sera toujours plus grave dans la machine à quatre roues que dans la machine à six roues; mais les ruptures d'essieux en marche sont extrêmement rares, lorsque l'inspection du matériel est faite avec soin.

En 1870, l'Union des chemins de fer d'Allemagne avait posé la question suivante : Quels sont les résultats de l'emploi des machines à quatre roues? Voici quelle réponse fut faite par la direction des chemins de fer de l'État de Saxe, qui possède dix-huit locomotives à quatre roues couplées.

« Les expériences montrent qu'il ne faut pas recommander ces machines pour des vitesses supérieures à 37 kilomètres à l'heure, parce que, sur une voie qui n'est pas en parfait état, les mouvements d'oscillation deviennent trop forts, et, en outre, les machines destinées au transport des voyageurs, ayant un ressort sur chaque roue, ont donné lieu à des variations de pression sur les ressorts analogues à celles que donnent les machines à six roues.

Ainsi, dans une expérience, on a trouvé que, pour une charge normale de 7 tonnes, la pression avait varié de 11,25 à 4 tonnes, en pleine marche, c'est-à-dire qu'elle avait dépassé de 60 p. 100 la charge normale et qu'elle était descendue à 40 p. 100 au-dessous.

Quand la machine repose sur trois ressorts et sur un balancier de compensation, la marche est plus régulière, mais un peu plus dure.

L'usure des bandages des roues de devant est plus rapide que dans la machine à un essieu porteur. Les dépenses d'entretien des bandages augmentent d'autant.

En résumé, les machines à quatre roues sont à recommander pour le service des gares et pour les trains qui marchent à une vitesse modérée (moins de 40 kilomètres l'heure). »

Le type usuel de la locomotive est à trois essieux, couplés ou non. Ce nombre d'essieux est nécessaire pour porter une machine qui ait une puissance en rapport avec l'effort de traction qu'on exige d'elle.

Diamètre des roues. — Nous avons vu que la vitesse est proportionnelle au diamètre des roues motrices et l'effort de traction en raison inverse de ce

diamètre. Les grandes roues motrices conviennent donc aux grandes vitesses, c'est-à-dire aux machines à roues libres des express, ou aux machines à quatre grandes roues couplées, qui tendent à se substituer partout aux machines à roues libres pour le remorquage des express; les express ont vu leur poids s'accroître sans cesse et les machines à roues libres n'ont plus la force de les traîner.

Les roues d'un diamètre exagéré sont exposées, malgré le mentonnet, à passer par-dessus les rails; d'autre part, si on augmente le diamètre D, il faut, pour conserver l'effort de traction T, augmenter le volume ($\pi d^2 l$) du cylindre, ce qui conduit à des dimensions défavorables.

Après avoir essayé des diamètres de roues motrices allant jusqu'à 2^m,75, on est revenu à une appréciation plus saine, et on ne dépasse guère maintenant 2 mètres à 2^m,10.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE L'ACCOUPLEMENT.

Nombre des essieux couplés, avantages et inconvénients de l'accouplement. — L'accouplement des essieux est nécessaire pour obtenir l'adhérence et par suite l'effort de traction qui convient au remorquage des lourdes charges. Nous avons vu pourquoi on a successivement accouplé deux, trois, quatre, cinq et jusqu'à six essieux. L'adhérence est la septième partie du poids de toutes les roues rendues solidaires, et l'effort de traction, dans le cas du moteur unique, est limité par la résistance des attelages.

Si on ne veut pas imposer aux attelages un effort supérieur à 8,000 kilogrammes, il sera inutile de donner aux machines un poids supérieur à 7 fois 8 tonnes, ou à 56 tonnes; pour une machine à 5 essieux, cela fait un peu plus de 11 tonnes par essieu, et pour une machine à 6 essieux, cela fait un peu plus de 9 tonnes par essieu en moyenne.

En France, on s'attache à ne pas transmettre aux rails un poids supérieur à 13 tonnes par essieu.

Les deux cylindres d'une machine transmettent leur action, chacun à une roue motrice, par l'intermédiaire d'une bielle et d'une manivelle, et les deux manivelles, calées sur le même arbre, sont à 90° l'une de l'autre, afin de faciliter le passage des points morts et d'uniformiser le mouvement.

Lorsque les cylindres sont très-éloignés de l'essieu moteur, on serait conduit à adopter des bielles longues et pesantes, qui amèneraient des perturbations et seraient dangereuses; dans ce cas, on a quelquefois adopté un arbre intermédiaire de rotation, ou faux essieu, qui est actionné par les deux bielles des cylindres, et qui porte deux manivelles réunies, chacune par une bielle, aux manivelles de l'arbre moteur. Mais on constitue de la sorte une transmission parasite, coûteuse et compliquée, qui absorbe du travail; on doit donc renoncer à cette disposition et s'arranger de manière à placer les cylindres à une distance raisonnable de l'essieu-moteur.

Nous avons donc un essieu-moteur actionné directement par les bielles et manivelles qui prolongent les tiges des pistons; sur les boutons des manivelles de cet essieu, on engage d'autres bielles, qui sont reliées à d'autres manivelles, égales aux premières et montées sur les essieux qu'on veut rendre solidaires de l'essieu-moteur.

Il y a un inconvénient sérieux à l'accouplement.

Il faut réaliser l'égalité de rotation de toutes les roues couplées, et, par suite, leur égalité de diamètre; mais l'homogénéité absolue des roues est bien difficile à obtenir, et une usure inégale ne tarde pas à se manifester. Dès lors, la rotation n'est plus la même, une des roues subit des glissements qui entraînent la formation de méplats, et le mal s'aggrave rapidement. Il faut reporter sur le tour, non-seulement la roue avariée, mais toutes les autres roues couplées afin de réaliser à nouveau l'égalité des diamètres.

Cet inconvénient peut être atténué par les soins apportés à la fabrication; en tout cas, il n'est pas assez grave pour faire renoncer aux bénéfices de l'accouplement.

La machine à six roues couplées est considérée, par certains ingénieurs, comme devant suffire à l'exploitation d'un réseau très-chargé, comme celui de Paris-Lyon-Méditerranée; combinée avec une machine de renfort en queue, disposition excellente pour la sécurité tant que les courbes n'ont pas un trop faible rayon, la machine à six roues couplées satisfait à toutes les exigences d'un énorme trafic.

D'autres ingénieurs, ceux du Nord, par exemple, ont cherché des moteurs plus puissants que les machines à six roues couplées, afin de remorquer des trains très-longs et très-lourds. Il ne semble pas que l'expérience ait décidé quel est le système le plus économique; les très-grosses machines coûtent très-cher de construction et d'entretien; elles ne doivent, en tout cas, être employées que lorsqu'on est sûr de les faire travailler à pleine charge. Sur la ligne du Nord, si parfaite en profil et en plan, les grosses machines ont pu donner des résultats économiques auxquelles elles ne conduisent certainement pas sur d'autres lignes.

Mais, si l'on peut discuter l'opportunité qu'il y a à accoupler plus de six roues dans les machines de nos grandes lignes, on ne saurait méconnaître que l'accouplement de huit ou dix roues est susceptible de rendre des services sur les lignes dont les rampes dépassent 20 millimètres, comme la ligne du Cantal, où nous avons signalé des rampes continues de $0^{m},03$.

Si les bielles et manivelles d'accouplement étaient assemblées comme dans des machines fixes, les locomotives à plus de quatre roues couplées présenteraient une rigidité incompatible avec l'existence des courbes même à grand rayon. On est donc forcé de ménager dans les bielles de connexion des centres d'articulation.

Il va sans dire que les manivelles des bielles de connexion correspondant aux deux cylindres d'une locomotive sont placées à 90° l'une de l'autre, comme les bielles motrices.

Perturbations des machines. Contre-poids. — Considérons une locomotive en marche et animée d'un mouvement uniforme; son centre de gravité doit, lui aussi, s'avancer d'un mouvement uniforme (ainsi que nous l'avons appris en mécanique) et rester fixe par rapport à la machine; or il y a certaines pièces absolument fixes, telles que le bâti et les longerons; d'autres pièces, comme les pistons et les bielles, sont mobiles. Quand elles vont en avant, leur centre de gravité s'avance, et par suite le centre de gravité de l'ensemble ne peut rester immobile que si les pièces fixes éprouvent un mouvement inverse de celui du piston, c'est-à-dire un recul; l'effet contraire se produit lorsque les pistons reviennent en arrière.

Il en résulte plusieurs mouvements qui affectent plus ou moins les locomotives et qui sont au nombre de quatre :

1° Mouvement de va-et-vient dans le sens du chemin parcouru, c'est le tangage que nous venons de décrire;

2° Mouvement de rotation de la machine autour d'un axe transversal à la voie, c'est le mouvement de galop;

3° Rotation de la machine autour d'un axe parallèle à la voie, c'est le mouvement de roulis;

4° Rotation de la machine autour d'un axe vertical, c'est le mouvement de lacet, lequel se communique aux attelages et par suite à toutes les voitures du train.

Si les deux pistons marchaient toujours parallèlement l'un à l'autre et étaient tous les deux parfaitement horizontaux ainsi que leurs bielles, le tangage seul se produirait; mais les deux manivelles sont calées à 90° l'une de l'autre, les cylindres sont souvent inclinés sur l'horizontale et, en tout cas, les bielles le sont toujours; il en résulte que tous les mouvements énumérés plus haut coexistent et se font sentir.

Dans les machines fixes, ces mouvements ont aussi tendance à se produire, au grand préjudice des bâtis, et c'est un sérieux obstacle à l'usage des grandes vitesses.

Dans les locomotives rapides, les perturbations sont donc considérables; on est arrivé à les atténuer, sinon à les faire disparaître, au moyen de contre-poids placés sur les roues motrices à l'appui du bouton des manivelles; la manivelle, faisant corps avec l'essieu, constitue avec la roue un corps tournant équilibré; on obtient le centrage de ce corps au moyen d'un contre-poids placé dans la roue sur le prolongement de la manivelle.

L'utilité de ce contre-poids est bien connue, mais tous les ingénieurs n'ont pas été d'accord sur la valeur qu'il convenait de lui donner. Il y a danger à exagérer cette valeur.

Le principe mécanique qui doit guider dans la recherche des moyens à employer pour annuler les perturbations est le suivant :

Dans une machine quelconque, pour que les pièces du mécanisme ne donnent lieu à aucune perturbation du mouvement et par suite à aucune modification dans les réactions des appuis, il faut et il suffit que les forces d'inertie provenant de ces pièces se fassent complétement équilibre.

A la page 190 de notre *Traité des machines*, nous avons fait l'application de ce principe à la correction de la force d'inertie produite par le mouvement d'une bielle et d'une manivelle.

Dans les locomotives, les contre-poids ont surtout pour but d'empêcher le mouvement de lacet, que l'on considère comme le plus dangereux et comme le plus destructeur. En effet, il pousse à chaque instant les mentonnets contre les rails et détériore à la fois la voie et le matériel.

Position de l'essieu moteur. — 1° L'essieu d'avant ne doit jamais être moteur, car il est chargé de diriger la machine notamment dans les courbes, et il est déjà suffisamment fatigué de ce fait, sans qu'il soit besoin de lui imposer une fatigue et une cause de détérioration supplémentaires.

La rupture de l'essieu d'avant entraîne de plus graves conséquences que celle des autres essieux, il faut donc tout faire pour l'éviter.

En outre, l'essieu d'avant est, en général, le moins chargé et par suite le moins adhérent; à ce point de vue encore, il est mauvais comme essieu moteur. Il est vrai qu'on peut en augmenter la charge au moyen d'un contre-poids en fonte placé à l'avant du bâti; mais ce moyen n'est guère acceptable que pour une

machine ancienne qu'il s'agit de corriger; on ne doit pas l'appliquer à une machine neuve. La locomotive est déjà bien assez lourde, eu égard à sa puissance, pour qu'il faille lui créer un supplément de poids.

Ainsi, dans les machines à roues libres ou à deux essieux couplés, l'essieu d'avant n'est jamais moteur; pour assurer la stabilité, on lui donne des roues d'un moindre diamètre.

La vraie place de l'essieu moteur, dans les machines à six roues libres, est au milieu; c'est là, prés du centre de gravité, qu'on peut le plus facilement lui donner toute la charge qu'il est capable de porter, eu égard à l'état de la voie. Le réglage des ressorts permet d'arriver juste à la charge voulue.

Dans les anciennes machines à trains express, les Stephenson et les Crampton, les roues motrices de grand diamètre étaient à l'arrière.

Dans le type *Stephenson*, le foyer était en porte-à-faux sur l'essieu d'arrière, celui-ci passait donc devant le fond vertical du foyer; il ne se trouvait pas très-éloigné du centre de gravité et pouvait être chargé convenablement. Mais quelquefois les roues d'avant n'étaient pas assez chargées, et ce défaut, combiné avec celui du foyer en porte-à-faux, pouvait amplifier, d'une manière dangereuse, le mouvement de galop.

Dans le type *Crampton*, les roues motrices sont encore à l'arrière, mais le oyer n'est plus en porte-à-faux; il plonge entre elles et les roues du milieu. — Cette disposition a un avantage sur la précédente : la chaudière n'est pas comprise entre les grandes roues motrices, qui en limitent la largeur, elle repose sur les roues porteuses, beaucoup plus petites, et peut recevoir des dimensions considérables, sans que l'on ait rien à craindre pour la stabilité en élevant outre mesure le centre de gravité. Les Crampton ont deux inconvénients : leur large empatement, qui leur rend difficile la circulation en courbe, et surtout la faible charge de l'essieu moteur. — Beaucoup de ces machines n'ont pas d'adhérence suffisante et ont bien de la peine à démarrer sans patiner; elles tendent à disparaître.

Dans les machines à quatre roues couplées, l'essieu porteur est à l'avant avec des roues plus petites; les deux essieux couplés sont derrière, et on s'arrange de manière à leur faire porter la plus grosse partie de la charge.

Nombre et position des cylindres. — Les cylindres en fonte alésés, que parcourent les pistons, sont en général au nombre de deux.

Un seul cylindre qui devrait être placé dans l'axe de la machine et qui serait de fortes dimensions, élèverait trop le centre de gravité, et surtout ne permettrait pas à la machine de se mettre en marche sans le secours d'une poussée extérieure.

Il faut donc deux cylindres placés symétriquement de part et d'autre de la chaudière, et on en sentit la nécessité même pour les premières locomotives.

Mais, pour la régularisation du mouvement, les deux pistons doivent avoir des marches de sens inverse, l'un étant au milieu de sa course pendant que l'autre est à l'extrémité. Ces mouvements inverses entraînent les perturbations dont nous avons parlé plus haut, et on a cherché à les conjurer en adoptant trois cylindres horizontaux, l'un médian et les deux autres latéraux, fonctionnant tous les deux en sens inverse du premier. Le calage des manivelles est maintenu à 90°, ce qui, comme nous l'avons vu en mécanique, n'est pas favorable à la régularisation du mouvement de rotation. — Ce système, qui tendait à faire disparaître le mouvement de lacet, ne s'est point propagé.

En ce qui touche la position des cylindres par rapport aux roues, ils peuvent être intérieurs ou extérieurs. Quand ils sont intérieurs, leurs bielles agissent

sur deux coudes ménagés à 90° l'un de l'autre sur l'essieu moteur. Quand ils sont extérieurs, leurs bielles agissent sur le prolongement de la fusée de l'essieu moteur, qui conserve alors sa forme droite.

Les essieux coudés sont d'une fabrication plus difficile et se brisent plus facilement que les essieux droits : premier chef d'infériorité des cylindres intérieurs.

En outre, ceux-ci sont beaucoup plus difficiles à entretenir et à graisser que les cylindres extérieurs.

Mais les cylindres intérieurs, plus rapprochés de l'axe longitudinal de la machine, donnent aux forces d'inertie un moindre bras de levier et atténuent les perturbations; ils laissent complétement libre la face antérieure des roues et permettent d'appliquer sur cette face les bielles et manivelles de connexion nécessaires à l'accouplement.

Dans les machines puissantes, les cylindres intérieurs ont encore un inconvénient : ils sont de grosses dimensions et entraînent un exhaussement de la masse de la chaudière, qui place la machine dans de moins bonnes conditions de stabilité.

L'avantage reste donc aux cylindres extérieurs, et c'est à eux, en effet, qu'en France on accorde de plus en plus la préférence.

Châssis. — La chaudière et le mécanisme de la locomotive sont fixés à un châssis horizontal qui repose sur des ressorts puissants à lames d'acier : ceux-ci transmettent la charge aux fusées des essieux, lesquelles sont protégées contre les grippements et l'échauffement par des boîtes à graisse qu'elles traversent de part en part.

Pour arrêter les oscillations horizontales des ressorts, le châssis est relié à la boîte à graisse par des plaques de garde verticales, libres d'osciller dans des rainures latérales que présente chaque boîte à graisse. C'est le système déjà décrit pour les wagons.

La constitution d'un châssis est bien simple : il se compose de deux longerons reliés par des traverses. Quelquefois il y a trois longerons, ou bien on dédouble chaque longeron de rive, ce qui en fait quatre. On ne fait plus que des longerons en forte tôle, et on arrive à leur donner la section rationnelle en double T.

L'introduction des longerons en tôle d'acier permettra de réduire un peu le poids des machines en conservant leur puissance.

La position des longerons par rapport aux roues, à l'intérieur ou à l'extérieur, dépend de celle des cylindres, car il faut que ceux-ci soient solidement boulonnés aux longerons.

Quand les longerons sont extérieurs aux roues, la charge repose à l'extrémité de l'essieu, elle possède plus d'empatement transversal et, par suite, plus de stabilité; mais la chaudière, qui, elle, est comprise entre les roues, est mal reliée au longeron et n'a qu'une mauvaise assiette.

Lorsque les cylindres sont extérieurs, pour éviter une largeur trop considérable de machine, il convient de placer les longerons à l'intérieur des roues.

Le meilleur longeron est un longeron double entre lequel les roues sont comprises et qui porte le cylindre extérieurement.

Description sommaire des locomotives usuelles. — Parmi les locomotives d'un usage courant, nous comprenons : les machines à roues libres, les machines mixtes et les machines à six roues couplées.

1° **Machines à roues libres.** — La fig. 1, de la pl. X, représente une ancienne machine à roues libres, sortie des ateliers de Stephenson vers 1845. La roue motrice, de $1^{m},70$ de diamètre, est placée au milieu; les cylindres exté-

rieurs (C) sont horizontaux; la tige du piston, guidée entre deux glissières, actionne la manivelle de l'essieu moteur par l'intermédiaire de la bielle (*ab*).

L'empatement est assez faible et ne dépasse pas 3 mètres.

Le foyer est en porte-à-faux à l'arrière.

On conçoit sans peine qu'une pareille machine devait être très-sensible au mouvement de galop, puisque toute la charge se trouvait presque concentrée à la partie médiane, et pouvait porter presque tout entière sur l'essieu moteur, si le réglage des ressorts était défectueux.

2° *Machine Crampton.* — L'ancienne Crampton du Nord est représentée par la fig. 2 de la pl. X.

La roue motrice est absolument en arrière; elle a 2^{m},10 de diamètre. Elle reçoit son mouvement par la bielle (*ba*) et la tige du piston qui parcourt le cylindre (*c*), dont on voit en *t* le tiroir.

Le châssis est double et comprend tout le mécanisme, de sorte que la bielle (*ab*) agit sur un coude de l'essieu moteur.

A sa partie supérieure, la roue est enveloppée d'une sorte de gaîne qui protége le mécanisme.

Le cylindre est placé vers le milieu de la chaudière, afin de ne pas donner aux bielles une longueur exagérée.

L'empatement de cette machine est considérable, 4^{m},80. Aussi circule-t-elle avec une certaine difficulté dans les courbes, ce qui, sur plusieurs lignes, lui a fait préférer la machine de Stephenson, ou celle de Sharp et Roberts, à essieu moteur central.

Cette machine est très-stable, elle résiste parfaitement lors des déraillements et des accidents de toute nature; elle est susceptible de prendre une grande vitesse, mais l'adhérence lui fait un peu défaut et elle est lente au démarrage.

2° **Machines mixtes.** — La fig. 3, de la pl. X représente la machine mixte du Bourbonnais. Elle est à six roues; les roues d'avant sont porteuses et n'ont que 1^{m},10 de diamètre. Les quatre roues d'arrière sont couplées et ont 1^{m},60 de diamètre; le cylindre *c* est à l'avant et extérieur au châssis.

L'extrémité (*a*) de la tige du piston, guidée par deux glissières horizontales, a une course de 0^{m},60 et actionne la manivelle de l'essieu du milieu par l'intermédiaire d'une bielle (*ab*).

L'empatement de la machine n'est que de 3^{m},51, et sa longueur totale atteint 8^{m},22.

Sa hauteur maxima est de 4^{m},60.

On remarquera, comme sur les autres types, le chasse-pierres placé à l'avant, sous le tampon.

3° **Machines à marchandises.** — Les fig. 4 et 5, de la pl. X, représentent deux types de machines à marchandises à six roues couplées.

La première (fig. 4) a un empatement de 3^{m},55 et une longueur totale de 8^{m},545.

Le diamètre de ses six roues égales est de 1^{m},40.

Le foyer profond est en porte-à-faux à l'arrière; le cylindre horizontal est à l'avant; la tête (*a*) de la tige du piston actionne, par la bielle (*ab*), la roue médiane; celle-ci est réunie aux deux autres roues par la bielle d'accouplement (*dbe*), dont l'axe seul est indiqué en pointillé.

La seconde machine, type du Bourbonnais, a des dispositions analogues aux précédentes; ses roues sont de moindre diamètre, 1^{m},26 au lieu de 1^{m},40; l'empatement n'est que de 3^{m},37, et sa longueur totale, 8^{m},30

Toutes ces machines sont munies de tampons et de chasse-pierres à l'avant.

4° **Machines-tenders.** — Les machines-tenders d'un usage courant sont à quatre ou à six roues couplées.

La fig. 6, de la pl. X, représente une machine-tender du chemin de fer d'Orléans; elle a six roues couplées de $1^m,077$ de diamètre; son empatement est de $2^m,60$ seulement. — Le foyer et les soutes sont immédiatement derrière le dernier essieu. Un abri protège les mécaniciens contre les intempéries.

Petite machine-tender du Creusot.— Nous empruntons à l'excellent ouvrage de M. Oppermann sur les chemins de fer économiques, les fig. 6, de la pl. XV, qui représentent une petite locomotive-tender, construite par l'usine du Creusot pour une voie étroite de $0^m,80$ entre les rails.

Cette petite machine, à quatre roues couplées, n'a que $1^m,25$ d'empatement; elle possède 73 tubes de $1^m,78$ de longueur; la surface de chauffe tubulaire est de $14^m,32$, et la surface de chauffe directe, $2^m,17$; soit $16^m,50$ pour la surface de chauffe totale. Le numéro du timbre de la chaudière est 9, ce qui représente la pression effective en atmosphères.

L'alimentation se fait par un injecteur Giffard.

Le diamètre des cylindres est de $0^m,204$, et la course des pistons $0^m,36$.

Le diamètre des quatre roues égales est de $0^m,76$.— La capacité des caisses à eau est de 7 hectolitres, et celle des soutes à charbon, 1,6 hectolitre.

La machine vide pèse 5,210 kilogrammes; pleine, 6,610 kilogrammes.

Machines américaines. — Nous avons déjà décrit sommairement les machines américaines, qui sont disposées de manière à circuler facilement dans les courbes, mais qui ont l'inconvénient de ne pas utiliser pour la traction toute leur adhérence.

Le type ordinaire de ces machines est représenté par la fig. 5, de la pl. XI, extraite du journal de mission de M. Malézieux.

L'avant de la machine est porté par un train de quatre roues solidaires, mobile autour d'une cheville ouvrière verticale; à l'arrière on voit le train moteur composé de quatre roues couplées; le foyer est placé entre les deux essieux moteurs et prend de la sorte toute la profondeur qui lui convient.

Les mécaniciens sont protégés par un abri vitré qui ne les empêche pas de surveiller la voie.

On remarquera l'absence de longerons et la forme spéciale de la cheminée, disposée de manière à arrêter les flammèches que produit l'usage de certains combustibles.

Les roues de l'avant-train ont environ $0^m,50$ de diamètre, et le diamètre des roues motrices ne dépasse guère $1^m,39$.

Les signaux, dans les gares, se font avec la cloche que l'on voit sur la machine et qu'agite le mécanicien. La cloche est considérée comme moins désagréable que le sifflet, surtout dans les villes, et le sifflet est réservé pour le cas où il faut serrer les freins.

M. Malézieux affirme que l'abri vitré ne gêne point la surveillance des mécaniciens et leur permet de fournir un parcours beaucoup plus long.

A l'avant de la machine est un fanal de grande puissance et une sorte de double-soc de charrue, formé de barreaux de fer, lequel est destiné à jeter hors de la voie les bestiaux que les trains rencontrent fréquemment.

Certaines sections des grandes lignes, comme celles qu'on rencontre à la traversée des montagnes, présentent de grandes difficultés d'exécution, et on est bien forcé d'admettre tout à la fois de fortes rampes et des courbes à rayon restreint.

Dans ces conditions, les machines ordinaires ne donnent qu'un faible rendement, et, pour améliorer les conditions économiques de la traction, il a fallu chercher des moteurs plus puissants et plus flexibles.

De même, sur les lignes fort peu accidentées comme le Nord français, on a senti la nécessité de remorquer des trains aussi lourds que possible, afin de simplifier l'exploitation et d'exécuter des transports à bon marché; c'est dans ce but qu'on a construit de lourdes et puissantes machines, capables de fournir un travail considérable.

Examinons les divers systèmes proposés.

Machine Engerth. — La machine Engerth a été imaginée pour franchir le passage du Sœmmering, sur la ligne de Vienne à Trieste.

Cette ligne, qui joint la capitale de l'Autriche au grand port de Trieste, traverse les Alpes Noriques au Sœmmering, entre Murzzuschlag et Gloggnitz, et les Alpes Juliennes, entre Trieste et Laybach.

Le passage du Sœmmering offre des rampes de 25 millimètres et des courbes de 190 mètres de rayon; mais, sur les rampes de 25, le rayon ne descend pas au-dessous de 285 mètres. — Le versant nord est le plus rapide; on y trouve la rampe de 25 sur 4,676 mètres de long; il y a même une de ces rampes qui est continue sur 3,170 mètres.

L'exploitation par locomotives fut adoptée en principe, et un concours fut institué pour chercher le meilleur moteur (1851).

Ce moteur devait remorquer, à la vitesse de 12 kilomètres, un train de 140 tonnes, tender non compris; aucune roue ne devait porter plus de 7 tonnes.

Quatre machines furent présentées, savoir :

1° La *Bavaria*, machine américaine à deux couples de deux essieux; l'essieu moteur est celui d'arrière; il est accouplé avec celui qui le précède immédiatement. — Les deux essieux d'avant porteront les numéros 1 et 2, les deux essieux d'arrière, les numéros 3 et 4. L'essieu 4 est accouplé au 3. — Des chaînes sans fin réunissent le milieu de l'essieu 3 à l'essieu 2, et le milieu de l'essieu 4 avec le premier essieu du tender. Ces chaînes sans fin engrènent avec des roues dentées montées sur les essieux, de sorte qu'elles rendent l'essieu 2 et le premier essieu du tender solidaires du groupe moteur. — Des bielles d'accouplement réunissent l'essieu 1 à l'essieu 2, et les deux derniers essieux du tender au premier.

Ainsi, la solidarité est établie entre les quatre essieux de la machine et les trois essieux du tender, et tout le poids du moteur concourt à l'adhérence.

Le poids de la machine est de 49^t,28, celui du tender en charge est de 19^t,04, ce qui porte le poids adhérent à 68^t,32.

Cette machine flexible a franchi sans difficulté les courbes les plus raides, elle a présenté une vitesse régulière et une grande puissance avec une consommation modérée de combustible; mais l'accouplement par chaînes et roues dentées était évidemment vicieux. Après avoir fonctionné quelque temps d'une manière convenable, les chaînes se rompirent et la machine dut être abandonnée.

2° La *Wiener-Neustadt* comprenait une longue chaudière portée sur un châssis qui repose sur deux trains mobiles à quatre roues. Chaque train a ses deux cylindres moteurs. C'est donc la réunion de deux machines à quatre roues couplées, alimentées par la même chaudière.

La machine portait avec elle son eau et son charbon. Son poids était de 51^t,75 à vide et 61^t,21 avec approvisionnement complet.

Ce moteur circulait facilement dans les courbes, et traînait juste la charge

indiquée, mais il était beaucoup moins puissant que la *Bavaria*, et consommait plus de charbon.

3° La machine *Seraing*, analogue à la précédente, porte aussi quatre cylindres. La chaudière n'est plus unique; elle se compose de deux chaudières accolées en sens inverse et réunies par un foyer commun à la partie médiane, de sorte qu'il y a une chaudière à chaque extrémité. La machine peut se mouvoir indifféremment dans un sens ou dans l'autre et n'a pas besoin d'être tournée. A peu près de même puissance que la précédente, la machine *Seraing* consommait, à effet égal, un peu plus de combustible. Le mécanicien et le chauffeur sont séparés, ce qui ne concourt pas à la bonne conduite de la machine. Sur la *Wiener-Neustadt*, à chaudière unique, le chauffeur et le mécanicien étaient réunis.

Pour envoyer la vapeur prise dans une chaudière à des cylindres qui peuvent se mouvoir indépendamment d'elle, on s'est servi de conduites avec articulation à rotule.

L'avantage de la chaudière double sur la chaudière simple est qu'on risque moins de donner un coup de feu au foyer. En effet, dans une longue chaudière l'eau s'accumule à l'avant pendant la descente, il faut marcher à chaudière presque pleine, afin de ne pas découvrir le ciel du foyer. Avec une chaudière moitié plus courte, ce grave inconvénient est bien atténué.

4° La quatrième machine, la *Vindobona*, était une machine ordinaire à quatre essieux couplés, avec large empatement. Le constructeur avait élargi la chaudière et placé un bouilleur dans le foyer, afin d'obtenir une surface de chauffe capable de produire toute la vapeur exigée par le travail qu'on avait en vue.

La *Vindobona* passait avec grande difficulté dans les courbes et présentait une excessive rigidité; comme les deux précédentes, elle traînait un peu plus que la charge imposée par le programme, mais consommait encore plus de combustible.

En résumé, le concours du Sœmmering ne conduisit à aucun résultat pratique, et il fallut continuer l'exploitation avec les anciennes machines. La *Bavaria*, qui avait remporté le prix, était peut-être la plus défectueuse des quatre machines.

1re *Machine Engerth.* — M. le conseiller Engerth, en présence de l'insuccès du concours, eut recours à des machines spéciales analogues aux machines américaines; il allongea le corps de la chaudière, plaça le foyer en dehors du dernier essieu de la machine et le fit porter en grande partie par le premier essieu du tender. Le châssis de celui-ci était articulé avec le châssis de la machine, et un système d'engrenages réunissait le dernier essieu de la machine au premier essieu du tender.

Entre ces deux essieux était placée une roue intermédiaire, qui les forçait à tourner dans le même sens.

Les trois essieux du tender étaient couplés entre eux, de sorte que tout le poids du moteur était utilisé pour l'adhérence.

Le système d'engrenage ne pouvait être conservé, et on fut forcé de le supprimer après quelque temps d'expérience.

2e *Machine Engerth.* — On ne tarda pas à renoncer à l'utilisation du tender, et on constitua tout simplement une machine à huit roues couplées, avec un empatement aussi faible que possible, dans laquelle on s'arrangea de manière à permettre un certain déplacement des essieux.

La machine dite *Engerth*, telle qu'on l'emploie aujourd'hui, n'est donc autre qu'une machine à huit roues couplées. — Les Compagnies du Nord et de l'Est l'appliquèrent au remorquage de leurs trains les plus lourds, notamment des trains de houille.

La nouvelle machine Engerth a toujours son tender séparé.

La fig. 4, de la pl. XI, représente le premier type Engerth transformé, employé en France. On voit que les longerons du tender se prolongent de manière à embrasser le foyer et à venir s'appuyer sur le quatrième essieu de la machine proprement dite. A l'aplomb de cet essieu, le châssis du tender et celui de la machine sont réunis par une articulation qui constitue un axe vertical de rotation et qui permet au tender de se déplacer indépendamment de la machine.

On voulait, par cette disposition, obtenir une longue et puissante chaudière, tout en conservant la flexibilité et l'adhérence. L'empatement de la machine était de $3^m,95$.

Il y avait un grave inconvénient à ces machines : la répartition de la charge était fort irrégulière, et certains bandages s'usaient beaucoup plus vite que d'autres. En outre, la complication de l'assemblage du tender ne donnait qu'un faible supplément d'adhérence; quelquefois même, pendant la marche, une partie du poids du quatrième essieu de la machine se trouvait reportée sur le premier essieu du tender, au détriment de l'adhérence et au grand préjudice de cet essieu.

Ces machines, très-coûteuses d'achat et d'entretien, d'une manœuvre difficile, détériorant la voie par suite des réactions inégales que lui transmettaient les divers essieux, ces machines ont dû être abandonnées.

On les a modifiées, comme le montre la fig. 8, pl. XI, en renonçant à l'accouplement du tender, et, pour corriger la mauvaise répartition, on a placé à l'avant de la machine un lest formé de traverses en fonte.

Nous avons déjà dit que l'usage du lest ne paraissait guère acceptable; dans le cas actuel, il y avait nécessité d'y recourir, et c'est grâce à ce lest que l'on a pu conserver les machines et en tirer un bon service.

Avec un lest de 3,500 kilogrammes, on a obtenu la répartition suivante :

1er essieu.	10900 kilogr.
2e et 3e essieux.	22780 —
4e essieu.	21800 —
Total.	45480 —

D'après M. Chobrzinski, l'usage des machines Engerth pour le transport de lourds trains de charbon, pesant 450 tonnes, sur le chemin de fer du Nord, a été très-économique.

Une petite machine, remorquant une charge utile de 200 tonnes, consommait par kilomètre $9^{kg},4$ de charbon, soit $0^{kg},047$ par tonne utile et par kilomètre.

Une machine ordinaire à marchandises, remorquant une charge utile de 300 tonnes, consommait par kilogramme $12^{kg},6$ de charbon, soit $0^{kg},048$ par tonne utile et par kilomètre.

La machine Engerth, remorquant une charge utile de 450 tonnes, consommait par kilomètre $15^{kg},5$ de charbon, soit $0^{kg},0344$ par tonne utile et par kilomètre.

Les frais de réparation étaient, pour chacune des machines précédentes, res-

pectivement de $0^{f},236$, $0^{f},180$ et $0^{f},225$ par kilomètre, soit $0^{f},0012$, $0^{f},0006$ et $0^{f},0005$ par tonne utile transportée et par kilomètre.

Pour ces raisons, M. Chobrzinski met le moteur unique, tel que la machine Engerth, bien au-dessus du moteur double, qu'il considère comme plus dispendieux et présentant une double chance de retard.

Machine Beugniot. — Le passage des Apennins, entre Bologne et Pistoïa, présente, sur plus de 25 kilomètres, une rampe de 25 millimètres avec courbes de 300 mètres de rayon.

On voulait un moteur qui pût remorquer, sur cette ligne, un train de 100 à 110 tonnes par les plus mauvais temps et de 150 tonnes par un temps ordinaire.

M. Beugniot, ingénieur de MM. André Kœchlin et Cᵉ, se chargea de construire ce moteur.

La machine ordinaire à six roues couplées ne pouvait suffire, car il ne fallait pas compter sur une adhérence supérieure à $\frac{1}{8}$.

Comme aspect, la machine Beugniot, représentée par la fig. 4, de la pl. XII, ressemble à la machine Engerth française à huit roues couplées.

Le foyer est en porte-à-faux sur le dernier des quatre essieux de la machine, et une partie de son poids est supportée par le premier des trois essieux du tender. On a obtenu de la sorte une surface de chauffe considérable.

La solidarité n'existe pas entre la machine et le tender, et voici comment ils sont réunis : le tender est à double châssis, du moins dans la partie antérieure, et l'essieu d'avant possède quatre fusées. Les fusées intérieures ont leurs boîtes à graisse surmontées de ressorts à trois lames F (fig. 4), chaque ressort appuie contre une glissoire qui se meut dans le sens vertical en obéissant aux oscillations du ressort. La glissoire est percée d'un écrou dans lequel s'engage une vis verticale terminée par une tête hémisphérique noyée dans une crapaudine en bronze K. — Les deux crapaudines viennent se placer sous la traverse d'arrière de la machine, et, en remontant les vis, on leur fait porter et par suite on fait porter au premier essieu du tender une partie de la charge de la machine

Cette partie ne dépasse guère 1,500 à 2,000 kilogrammes; cela suffit cependant à maintenir une allure régulière pour la machine, et, dès qu'on desserre les vis, le mouvement de galop se fait sentir.

La chaudière a.	$9^{m.q},40$	de surface	de chauffe	directe.
—	$163^{m.q},60$	—	—	tubulaire.
	$173^{m.q},00$	—	—	totale.

Il y a double châssis : le châssis extérieur forme un rectangle entourant toute la machine avec traverse d'attelage à l'arrière; il ne porte que le tiers du poids de la locomotive. C'est le châssis intérieur qui porte le reste.

Les quatre essieux se divisent en deux groupes semblables, les roues ont $1^{m},20$ de diamètre et leur espacement uniforme est de $1^{m},30$, ce qui fait $3^{m},90$ pour l'empatement de la machine.

Les deux essieux d'un même groupe sont réunis par deux fortes pièces en fer forgé BB, qu'on appelle les balanciers (fig. 2, pl. XII, et 2, pl. XIII); au milieu d'un balancier repose, dans une crapaudine, le pivot hémisphérique P, qui supporte le poids de la chaudière. — Ce poids est donc transmis aux balanciers BB, qui enveloppent les boîtes à graisse AA, et par les ressorts R, R, le poids st reporté sur les boîtes à graisse GG, c'est-à-dire sur les fusées intérieures de

chaque essieu. Les ressorts RR des deux essieux d'un même groupe sont aussi reliés par de petits balanciers (*bb*).

Si l'on considère deux essieux d'un même groupe, ils sont assujettis à rester parallèles, mais que l'un d'eux reçoive un déplacement transversal dans un sens, les balanciers BB tournent autour des pivots verticaux PP et l'essieu conjugué reçoit un mouvement transversal en sens contraire. Il n'y a pas de jeu des plaques de garde ou balanciers BB dans les rainures des boîtes à graisse GG, mais il y a un jeu de $0^m,02$ dans chaque sens pour les plaques de garde des fusées extérieures, ce qui permet un déplacement total de $0^m,04$ dans le sens transversal, et ce qui donne, ainsi que nous l'avons vu dans la théorie de la circulation en courbe, une grande flexibilité au système.

Nous avons montré alors que le jeu transversal des essieux était indispensable pour les véhicules d'un certain empatement devant passer dans les courbes très-raides.

Lorsque l'essieu d'avant entre dans une courbe, la réaction du rail sur le mentonnet le déplace transversalement et communique un déplacement inverse à son essieu conjugué.

La flexibilité s'établit donc naturellement sans qu'il en résulte d'inconvénients en alignement droit.

Les quatre roues d'un même côté de la machine se placent donc dans des plans verticaux différents, et leurs points de contact avec le rail forment un polygone inscrit dans la courbe.

La machine a été construite de manière à passer dans des courbes de 100 mètres de rayon.

Son poids adhérent total est de 47,300 kilogrammes, ce qui, avec un coefficient de $\frac{1}{7}$, permettrait un effort de traction de 6,757 kilogrammes.

Les inconvénients de cette machine sont qu'elle coûte fort cher et qu'une faible réparation force à laisser dormir un capital considérable, qu'elle fatigue beaucoup plus la voie qu'un moteur double.

La question de savoir si l'usage de la double traction n'eût pas conduit à de meilleurs résultats économiques n'est pas encore tranchée.

Quoi qu'il en soit, les machines Beugniot ne sont plus employées aujourd'hui à la traversée des Apennins; elles font le service de la rampe de Giovi, sur la ligne de Turin à Gênes, et elles ont remplacé le moteur composé de deux machines à quatre roues placées dos à dos, moteur dont nous allons dire quelques mots.

Machines accouplées dos à dos, de Giovi. — La ligne de Turin à Gênes traverse l'Apennin; son point culminant est à Busalla, et elle descend de là à Ponte Decimo; la hauteur rachetée sur $9^{kil},74$ est de 271 mètres.

En partant du sommet, on trouve d'abord un souterrain de 3,330 mètres avec pente continue de $0^m,0287$; puis des pentes de 0,035 sur 2500 mètres, de 0,0281 sur 1500 mètres, de 0,0208 sur 2100 mètres, et enfin des pentes moindres.

Mais, nulle part, on n'est descendu pour les courbes à des rayons moindres que 400 mètres, les ingénieurs trouvant les difficultés de circulation bien moindres sur de fortes rampes que dans des courbes roides.

On avait pensé un moment à l'installation de câbles et de machines fixes, mais on ne tarda pas à reconnaître la possibilité de recourir aux locomotives.

Éclairés par l'insuccès du concours du Sœmmering, les ingénieurs, sur l'avis de Stephenson, pensèrent que la réunion de deux machines accouplées dos à dos était encore la solution préférable.

Ces machines furent construites avec cylindres extérieurs; chacune avait

quatre roues couplées de $1^m,068$ de diamètre et une surface de chauffe de 72 mètres avec un poids total de 27 tonnes, approvisionnement compris. L'ensemble était très-flexible, puisque l'empatement de chaque machine élémentaire était de $2^m,44$ seulement, et que les deux machines jumelles étaient attelées comme une machine ordinaire à son tender.

Un mécanicien et deux aides conduisaient le moteur entier, et l'on n'avait pas à craindre les chocs qui résultent de la non-simultanéité des manœuvres de deux machines, placées l'une en tête, l'autre en queue d'un train.

Les deux machines peuvent être facilement découplées et séparées indépendamment l'une de l'autre.

Mais les machines jumelles à quatre roues de Giovi étaient mal construites : leur surface de chauffe et leur production de vapeur n'étaient pas en rapport avec leur poids adhérent. Pour utiliser complétement celui-ci, il fallait surmener les chaudières, qui ne résistèrent pas longtemps et qui consommèrent plus de combustible qu'elles n'auraient dû.

Il était facile de corriger cet inconvénient en allongeant les chaudières et donnant à chaque machine six roues couplées au lieu de quatre; on eût ainsi mis la puissance de vaporisation en rapport avec l'adhérence.

Le service des rampes de Gênes a nettement mis en évidence l'influence de l'atmosphère humide des souterrains sur l'adhérence; l'effort de traction est aussi considérable dans le souterrain de Giovi sur une rampe de 28 millimètres, que sur la rampe de 35 qui le précède et qui est à ciel ouvert.

On fait sur ces rampes un usage constant des sablières, afin de réaliser le maximum d'adhérence.

Dans l'étude des tracés, il faut tenir compte de cette influence des souterrains. Sur des rampes comme celles que nous venons de décrire, l'usure de la voie et des bandages est trois à quatre fois plus considérable que sur une section ordinaire et les dépenses d'entretien augmentent dans la même proportion.

Machine Petiet. — La machine construite par M. Petiet, ancien directeur du Nord Français, était destinée à remorquer des trains très-lourds dans des courbes de petit rayon ; elle est représentée par les figures 1 et 2, de la planche XIII.

Afin d'obtenir pour la chaudière un diamètre et, par suite, une hauteur suffisante, on a recourbé la cheminée horizontalement, de l'avant à l'arrière, en lui faisant traverser la chambre de vapeur dans toute sa longueur : de la sorte, on constituait un surchauffeur de vapeur et la chaleur des produits de la combustion se trouvait mieux utilisée.

La locomotive est montée sur six paires de roues de $1^m,065$ de diamètre, accouplées par groupes de trois paires et commandées par quatre cylindres de $0^m,44$ de diamètre et $0^m,44$ de course. Les deux essieux moteurs sont écartés de $3^m,72$. Les deux essieux extrêmes, qui sont écartés de 6 mètres, ont 30 millimètres de jeu dans leurs coussinets : les essieux peuvent donc se déplacer, dans le sens de leur axe, de 15 millimètres de chaque côté de leur position normale. Ce jeu correspond au passage dans une courbe de 150 mètres de rayon. La grille a une surface de $3^m,33$. Les tubes de la chaudière ont $0^m,04$ de diamètre extérieur et $3^m,50$ de longueur; ils sont au nombre de 464. La chaudière est surmontée d'un sécheur de 22 mètres carrés de surface de chauffe; en y ajoutant 10 mètres de surface de foyer et 189 mètres pour les tubes, la surface de chauffe totale, y compris celle du sécheur, est de 221 mètres carrés; la tension absolue de la vapeur est de neuf atmosphères.

La machine en feu, avec un approvisionnement de 8000 kilogrammes d'eau et

de 2200 kilogrammes de charbon, pèse 59,700 kilogrammes, dont 9,200 kilogrammes sur chacune des trois paires de roues d'avant et 10,700 kilogrammes sur chacune des paires de roues d'arrière. Le poids de la locomotive vide est de 44,500 kilogrammes.

L'essai de cette machine a été fait sur la ligne de Chauny à Saint-Gobain. Cette ligne présente des rampes nombreuses de 13 et 18 millimètres avec courbes de 275 mètres de rayon, et la gare de Saint-Gobain est formée d'une courbe et d'une contre-courbe de 125 mètres de rayon. La voie se prolonge dans la manufacture des glaces, où elle décrit un demi-cercle complet dont le rayon est de 80 mètres avec rampes de 25 millimètres.

La machine a traîné facilement un train de 250 tonnes à une vitesse de 21 à 27 kilomètres à l'heure sur les rampes de 18 millimètres, et elle opérait la traction aussi bien en tirant qu'en poussant.

L'effort de traction était de :	pour le train. . . .	$250 \times 24^k = 6000$ kilogr.
—	pour le moteur. . .	$60 \times 24^k = 1440$ —
	Total. . . .	7440 —

C'est le $\frac{1}{8}$ du poids du moteur avec approvisionnement complet.

Dans une lettre à Son Excellence le ministre des travaux publics, M. Couche s'exprimait comme il suit au sujet de la machine de M. Petiet :

« Quel que soit le nombre des roues, la division de l'appareil moteur en quatre cylindres, qui constitue un des caractères les plus importants de la machine du Nord, devrait évidemment être conservée. Cette division n'a pas seulement pour effet de limiter à six le nombre des roues solidaires pour la rotation ; elle facilite la répartition du poids suspendu entre les essieux ; elle réduit la masse de chacune des pièces en mouvement ; elle rend, en cas d'avaries en marche, leur démontage beaucoup plus expéditif et réduit par cela même la durée des détresses. Elle aura même souvent pour effet de les supprimer, puisque la rupture d'une pièce laisserait intact le jeu de trois pistons.

En résumé, la nouvelle machine du Nord dote les chemins de fer d'un instrument puissant, possédant un ensemble de propriétés que les chemins de fer pourront mettre à profit dans des conditions diverses. Combinée en vue de la traction de lourdes charges, sur les faibles rampes et les courbes à grand rayon du chemin du Nord, elle convient également bien aux tracés placés pour ainsi dire à l'autre extrémité de l'échelle. Elle réalise, à ce dernier point de vue, un progrès d'autant plus remarquable qu'il est obtenu par des moyens plus simples. »

La machine à douze roues couplées a été conservée sur la ligne du Nord, où on l'apprécie beaucoup ; nous avons déjà parlé du spécimen de machine à douze roues et à quatre cylindres, présenté par M. Gouin à l'Exposition de 1867, spécimen remarquable par la réduction de longueur de la partie tubulaire.

Mais, si ces puissants moteurs conviennent bien à une ligne d'un tracé aussi parfait que la ligne du Nord, ils n'ont pas rencontré la même faveur sur les autres lignes plus accidentées. On préfère en général au moteur unique le double moteur que l'on applique sur les sections difficiles à des trains d'un poids moyen, et on place toujours en queue la machine de renfort ; on conjure ainsi le danger des ruptures d'attelage. C'est le mécanicien d'avant qui commande la marche.

Locomotive Fairlie. — De la machine Petiet il faut rapprocher la locomotive Fairlie, qui est usitée en Angleterre ; elle est à chaudière double et à quatre cy-

lindres; chaque chaudière est portée par un train articulé, de sorte que la machine peut tourner dans des courbes de petit rayon. Les deux foyers sont indépendants. La machine est absolument symétrique et n'a jamais besoin d'être tournée; toutes les manœuvres se réduisent à un changement de marche. Le poids adhérent est de 63,000 kilogrammes.

On voit que ce type est analogue à plusieurs autres types précédemment décrits. Le principe de la division du mécanisme moteur en deux systèmes indépendants a été appliqué d'une manière fort intelligente à la machine construite par MM. J. Meyer et fils.

Locomotive Rarchaërt. — Depuis 1855, M. Rarchaërt s'occupe du problème qui consiste à trouver des machines flexibles et capables tout à la fois d'utiliser toute leur adhérence. L'application des chaînes sans fin et des engrenages à la transmission du mouvement entre deux essieux convergents n'a donné que de mauvais résultats.

Voici comment M. Rarchaert expose le principe qui l'a guidé dans la recherche d'un nouveau système de transmission :

« Jusqu'à présent, les bielles rigides horizontales ont été le seul moyen pratique employé pour accoupler les roues des locomotives; mais ce procédé, qui permet d'utiliser pour l'adhérence le poids total des machines ordinaires dont le parallélisme des essieux est maintenu par un châssis rigide, est d'une application impossible lorsqu'il s'agit d'établir la solidarité entre les essieux convergents des locomotives articulées qui sont fixés à des châssis mobiles, parce que ces bielles, formées d'une tige rigide dont la longueur ne peut varier, s'opposent aux mouvements angulaires que les essieux mobiles prennent dans les courbes. La difficulté consiste donc à trouver des bielles qui s'allongent et se raccourcissent suivant que les roues auxquelles elles transmettent le mouvement parcourent l'intérieur ou l'extérieur de la courbe, et faire que la bielle qui doit s'allonger profite du raccourcissement de celle placée du côté opposé de la machine, et réciproquement. Une autre condition à remplir, c'est celle d'obtenir que ces bielles, tout en variant de longueur en raison du déplacement des essieux, conservent cependant toute la rigidité nécessaire pour transmettre le mouvement de rotation des roues. Ce résultat ne peut être obtenu qu'au moyen d'un système articulé, et voici celui que je propose :

Exactement au milieu de la distance qui sépare deux essieux convergents, et de chaque côté de la machine, je place verticalement un balancier dont les longueurs de bras, égales d'ailleurs, sont un peu plus grandes que le rayon des manivelles d'accouplement des roues; je réunis ensuite par des bielles rigides les extrémités des balanciers aux boutons de ces manivelles, et il arrive que, dans le mouvement de la machine, les balanciers décrivent un arc de cercle pendant que les manivelles décrivent une circonférence (fig. 3, pl. XIII).

Si l'on compare les éléments de chaque circonférence de roues entraînées dans un temps donné, on les trouve identiques; si ensuite on examine les points morts ou énergiques des manivelles, on voit qu'ils correspondent aux mêmes positions sur le balancier oscillatoire; ce qui fait conclure que, puisque d'une part l'entraînement ayant lieu régulièrement d'une roue à l'autre, et que, d'autre part, l'effort du piston étant transmis à l'adhérence de la même manière qu'il a lieu à l'essieu moteur, le nouveau système d'accouplement est aussi rationnel que le procédé ordinaire à bielles horizontales.

Dans les courbes, les variations de distance entre les essieux convergents se trouvent compensées sur l'arc décrit par le balancier; c'est-à-dire que, le ba-

lancier commençant ou finissant sa course un peu plus tôt ou un peu plus tard, l'arc de cercle n'est plus symétrique par rapport à la verticale qui passe par le centre du balancier.

La difficulté qui consistait à trouver des bielles pouvant s'allonger et se raccourcir, tout en transmettant le mouvement, se trouve donc résolue par cette disposition : voilà pour le principe.

L'invention de M. Rarchaërt fut examinée en 1863 par une commission composée de MM. Avril, Mary, Busche, et Couche, rapporteur.

Le rapporteur, après avoir montré que l'alignement droit, avec raccordements à grands rayons équivalents à la ligne droite, sera toujours l'élément normal du tracé des lignes à grand trafic dans les contrées peu accidentées, ajoute que ce tracé normal deviendra impraticable lorsqu'il s'agira de relier entre elles les grandes lignes privilégiées et d'aller chercher dans les montagnes les gîtes minéraux.

La faculté d'ascension des locomotives, dit-il, a largement dépassé tout ce qu'on espérait jadis, et l'on a établi des exploitations régulières sur des rampes de 30, 35, 40 millimètres et même au delà (traversée des Montagnes Bleues, État de Virginie). Le passage dans les courbes roides n'a pas aussi bien réussi, et cependant il faut reconnaître aujourd'hui que bien des chemins de fer devront admettre des courbes de 250 mètres de rayon sous peine d'être impossibles, économiquement parlant.

Le système de M. Rarchaërt résout géométriquement le problème qui consiste à maintenir l'accouplement, c'est-à-dire l'adhérence totale, tout en permettant la convergence. Au point de vue pratique, on peut lui reprocher ceci : l'accouplement en un seul groupe d'un grand nombre de roues consomme beaucoup de force par suite des frottements qu'il entraîne, et c'est là un inconvénient commun à tous les systèmes d'accouplement; toutes ces bielles, ces longs balanciers, mal soutenus, ne sont-ils pas exposés à fouetter dans la marche et à se briser fréquemment? C'est ce que l'expérience en grand peut seule décider.

Sous cette réserve, la commission de 1863 proposait d'appeler l'attention des compagnies sur la nouvelle invention de M. Rarchaërt.

Depuis cette époque, M. Rarchaërt a travaillé sans cesse, il a simplifié son système; l'application récente en a été faite à une locomotive à 8 roues, et M. l'ingénieur Collignon a rendu compte des expériences dans une note insérée aux *Annales des ponts et chaussées* de 1873, note que nous allons analyser en même temps que nous lui emprunterons les figures 4 et 5, de la planche XIII.

La locomotive en question pèse en charge 31 tonnes; chaque essieu porte environ 8700 kilogr., et cette faible charge sera favorable à la conservation des voies légères qu'on rencontre sur quelques lignes d'intérêt local.

Les huit roues motrices ont $1^m,10$ de diamètre; les cylindres ont $0^m,40$ de diamètre, et la course des pistons est de $0^m,50$. La pression absolue dans la chaudière est de 9 atmosphères. La force de traction, calculée d'après ces données, atteint donc 4250 kilogr., ce qui, multiplié par 7, donne un poids moindre que le poids de la machine.

Les huit roues sont réunies en deux groupes formant chacun un train américain avec sa cheville ouvrière K. Bien que l'empatement de la machine soit de 4 mètres, comme l'écartement des essieux d'un même groupe n'est que de $1^m,20$, c'est ce dernier nombre qui représente l'empatement réel de la partie rigide, et il permet l'inscription et le passage de la machine dans des courbes de 30 mètres de rayon.

La pièce principale du mécanisme est un faux essieu A, placé entre les deux trains américains et un peu au-dessus du plan horizontal qui contient les axes des essieux moteurs; ce faux essieu est absolument fixe par rapport aux cylindres D et D′, il porte à ses extrémités deux coudes ou manivelles, calées à angle droit et recevant l'action directe des pistons par les bielles E et E′; en F et F′ on voit les excentriques et les bielles de distribution qui font mouvoir les tiroirs.

Ainsi, toute la puissance est transmise à l'arbre horizontal ou faux essieu A et c'est sur lui qu'il faut la prendre pour la communiquer aux vrais essieux. Cet arbre A est coudé, ainsi que le dernier essieu B du train d'avant et le premier C du train d'arrière; les coudes BAC sont reliés entre eux par une sorte de bielle triangulaire dont les portées sur les arbres sont sphériques et non cylindriques; le déplacement angulaire des essieux B et C est donc parfaitement libre, sans que la transmission s'interrompe, et dans les courbes ils prennent entre eux la convergence voulue. Les coudes B et C des deux essieux moteurs sont eux-mêmes réunis par un lien qui n'est autre que le troisième côté de la bielle triangulaire, de sorte que les 3 arbres se commandent sans cesse.

Dans le premier train, l'essieu moteur B est réuni à son conjugué par les bielles ordinaires GG′, et, dans le second train, l'essieu moteur C est résumé à son conjugué par les bielles ordinaires HH′.

Sur le plan, les lettres LL′ désignent les longerons et les lettres MM′ les traverses du châssis.

On voit qu'en somme la disposition est simple et ingénieuse et que le nombre des bielles n'est pas plus considérable qu'avec l'accouplement ordinaire.

Cette machine doit fonctionner actuellement sur la ligne de Vitré à Fougères, et l'expérience prolongée dira si elle confirme les espérances qu'elle avait fait concevoir.

VOITURES ET WAGONS ORDINAIRES.

Après avoir décrit le moteur, il convient de décrire les véhicules destinés au transport des personnes, des animaux et des choses. On réserve le nom de voitures à ceux qui transportent les voyageurs, et le nom de wagons à ceux qui reçoivent les animaux et les marchandises de toute nature.

Tout le monde connaît les dispositions générales des véhicules de nos chemins de fer; les détails de construction ne sauraient trouver place ici; nous devons donc nous borner à une description sommaire.

Nous avons déjà exposé, à la page 19, les conditions générales du matériel roulant : le matériel, monté sur deux essieux parallèles avec roues calées sur l'essieu, est fait uniquement en vue de la circulation en ligne droite.

Cependant nous avons montré que par divers artifices on arrivait à circuler en courbe aussi facilement qu'en ligne droite, ces artifices sont :

1° La conicité des bandages;

2° Le jeu des plaques de garde dans les rainures des boîtes à graisse, qui permet une certaine convergence des essieux;

3° Le jeu transversal de la fusée dans la boîte à graisse, qui permet aux deux roues d'un même côté d'un véhicule de se mettre dans des plans verticaux différents.

On a cherché quelquefois à laisser les roues folles sur l'essieu, mais il a fallu

renoncer à ce système qui ne convient pas aux grandes vitesses; le jeu ne tarde pas à s'établir et les roues n'agissent plus réciproquement l'une sur l'autre pour se ramener à leur position moyenne.

L'usure des bandages est un peu plus forte avec les roues calées sur l'essieu, mais cette usure est bien compensée par les avantages qui résultent du calage.

Les roues des véhicules sont placées sous la caisse, ce qui rend le chargement facile et permet de donner à la caisse une largeur convenable, qui n'est limitée que par la dimension de l'entrevoie et par la stabilité.

La caisse de chaque véhicule, dont la carcasse est en bois ou en fer, est fixée par des équerres en fer sur un châssis horizontal; la figure 1, de la planche 14, représente le châssis d'une voiture de 1[re] classe du chemin de fer de l'Ouest. (*aa*) sont les longerons en bois réunis par des traverses extrêmes T et par des traverses intermédiaires *t*, le tout est consolidé par une croix de saint André (*bb*). Sous les longerons du châssis, en dehors de chaque roue, sont fixés des ressorts (*r*) à plusieurs lames d'acier (fig. 2) qui transmettent la charge entière aux boîtes à graisse (*g*) dans lesquelles tournent les fusées (*h*) qui terminent les essieux. Les déplacements transversaux et longitudinaux, qui pourraient résulter de la mobilité des ressorts, sont empêchés par les plaques de garde *dd*, plaques verticales, présentant une échancrure au passage de la boîte à graisse; les bords de l'échancrure pénètrent dans des rainures verticales (*m*) ménagées de chaque côté de la boîte à graisse. On laisse seulement dans ces rainures le jeu nécessaire à la convergence des essieux dans les courbes.

Ainsi, la charge agit sur l'essieu en dehors des roues; cette disposition es favorable à la stabilité et facilite le graissage.

En Europe, les véhicules ne sont en général portés que par deux essieux; l'addition d'un troisième essieu, qu'on a faite quelquefois, est inutile, puisque la charge totale d'un véhicule ne dépasse pas 10 ou 12 tonnes. Le troisième essieu augmente en pure perte le poids mort et le nombre des essieux; il n'est même pas certain qu'en cas de rupture d'un essieu il atténue le danger des accidents.

Des Voitures. Il y a deux types de voitures : le type anglais ou français, à compartiments séparés et le type américain, à couloir longitudinal.

« On a longtemps discuté, dit M. l'ingénieur Mathieu dans son Rapport sur le matériel roulant à l'Exposition de 1867, sur le meilleur type de voitures pour les voyageurs; des crimes qui ont eu un grand retentissement ont éveillé l'attention publique sur le type qui est adopté par les pays où ces crimes ont été commis, et on a demandé la modification radicale de ce qui existait.

Ce type que l'on condamnait nous est venu d'Angleterre, il y existe encore aujourd'hui, et la France l'a adopté pour tout son réseau. Presque toutes les nations de l'Europe l'ont également suivi, et celles qui en avaient dans l'origine admis un autre, ou l'ont abandonné depuis longtemps, comme la Belgique, ou sont en train de l'abandonner comme la Suisse.

Ce type, que nous connaissons tous, est à compartiments complètement isolés les uns des autres. Chacun de ces compartiments contient huit ou dix places, et chaque voiture renferme trois, quatre ou cinq compartiments suivant la classe à laquelle elle appartient. Le type qui paraissait avoir la préférence du public est le type américain, à couloir central longitudinal, et ouvert aux deux extrémités pour permettre la circulation, non-seulement dans toute la longueur de la voiture, mais encore dans toute la longueur du train, au moyen de ponts de communication, établis d'une voiture à l'autre. Ce type, qui semblait donner satisfaction à un désir de l'opinion publique, a été condamné par l'expé-

rience. Si la condition qu'il offre de réunir ensemble un grand nombre de voyageurs est un avantage dans les moments de panique, elle est au contraire une cause d'éloignement quand le calme est revenu dans les esprits.

En général le voyageur aime à être seul; il ne supporte pas l'agglomération, parce qu'il craint surtout d'être avec des personnes qui ne sont pas de sa société. A ce point de vue, le fractionnement des voyageurs répond au vœu du plus grand nombre.

Si le type américain est commode et agréable pour les voyages à faibles distances et pour les touristes, il ne l'est aucunement pour les voyageurs à long parcours et principalement pour les voyages de nuit. A côté de ces considérations qui tiennent au voyageur, il y en a une autre très-importante, c'est celle du prix. Dans les voitures américaines, la place perdue est considérable et celle qu'on peut donner au public se trouve par conséquent beaucoup diminuée; de là la nécessité d'augmenter le prix des places, ou plutôt la difficulté de le réduire et de voyager à bon marché.

A l'appui de cette assertion nous pouvons mettre en parallèle la voiture suisse qui figure à l'Exposition et une voiture analogue du type français. De cette comparaison il résulte que le mètre carré de plancher, dans la voiture suisse, ne peut contenir que 1 voyageur et 46 centièmes, tandis que la même surface, dans la voiture française, contient 2 voyageurs 1/3. Aux considérations de surface il faut ajouter, pour compléter la comparaison, l'augmentation de poids, qui élève le prix de traction, et l'augmentation du prix de la voiture elle-même ; ces deux éléments concourent l'un et l'autre à élever le prix des places.

En résumé, l'enquête faite par le gouvernement français a démontré que le type de voitures le plus commode, le plus convenable à tous égards, était le type que la France a adopté, et que, s'il laisse quelque prise à la critique, en ce qui touche la sécurité des voyageurs, il y a lieu d'étudier à part cette question et de chercher à la résoudre. »

En Amérique, le matériel a sa raison d'être dans l'imperfection des voies et dans les mœurs des voyageurs. Les voitures sont portées par deux trains de chacun deux essieux exactement parallèles, et chaque train est mobile autour d'une cheville ouvrière ; ayant des véhicules à quatre essieux, il fallait leur imposer une charge proportionnelle à la puissance de ces supports, ce qui entraînait la création de longues caisses, bien que le matériel fût construit pour circuler dans des courbes roides et sur des voies peu régulières. Ce matériel exclut la vitesse et ne saurait convenir à nos trains express. Mais il a l'avantage de suppléer aux gares, aux buffets ; toutes ces annexes du chemin de fer sont peu développées en Amérique et le train doit se suffire à lui-même ; il faut que le voyageur emporte avec lui tout ce qui est nécessaire à la vie ; il faut donc à chacun plus de place, et pour tous une certaine liberté de circulation qu'on ne saurait obtenir avec notre système.

Voitures à deux étages. — La voiture à deux étages est susceptible de rendre de sérieux services sur les lignes de banlieue et sur les chemins d'intérêt local, partout en un mot où il est urgent de diminuer le poids mort des trains et de transporter le plus possible de voyageurs avec le moins possible de véhicules.

L'accès du second étage doit être commode et se faire au moyen d'escaliers à rampes placés au bout des voitures. La descente par marchepieds étagés, comme sur les anciennes voitures à impériales des chemins de Versailles et de Saint-Germain, est toujours fort dangereuse.

Pour les chemins de fer d'intérêt local, on a construit dans ces derniers temps

des voitures avec second étage fermé; le second étage est à couloir longitudinal.

Mais, quelles que soient les dispositions auxquelles on a recours, on est forcé de réduire la hauteur des compartiments, et on élève le centre de gravité du véhicule beaucoup au-dessus de la voie.

Le système à deux étages ne semble donc convenir ni aux trains de long parcours, ni aux trains à marche rapide.

Éclairage et chauffage des voitures. — L'éclairage et le chauffage des voitures sont encore dans l'enfance et attendent de sérieux perfectionnements, qui finiront par se réaliser.

Seulement, il ne faut pas perdre de vue que ces perfectionnements seront une cause de dépense, et que, s'il y a d'un côté intérêt à les réaliser, il y a d'un autre côté un immense intérêt à ménager la situation financière des compagnies.

L'éclairage se fait en général à l'huile et le chauffage au moyen de caisses à eau chaude ou à sable. En Amérique, on installe dans les longues voitures à couloir des poêles et des calorifères.

La question de l'éclairage au gaz et du chauffage à la vapeur est à l'étude, et voici la réponse à cette question faite en 1870 par l'Union des chemins de fer d'Allemagne :

« On recommande de poursuivre les essais de chauffage de wagons à l'aide de la vapeur et l'éclairage avec du gaz comprimé.

En Bavière, toutes les voitures à voyageurs sont chauffées à la vapeur depuis la fin de 1869. Dans un compartiment du fourgon à bagages est installée une chaudière verticale, alimentée au moyen d'une pompe à main. L'approvisionnement d'eau se trouve dans une caisse sous la plate-forme du fourgon.

Deux conduits de vapeur partent de la chaudière et aboutissent, l'un au premier, l'autre au dernier wagon du train. Des tuyaux de distribution de $0^{m},020$ de diamètre circulent sous les banquettes et sont reliés d'un wagon à l'autre par des joints en caoutchouc. Des robinets sont disposés pour faire écouler l'eau produite par la condensation de la vapeur.

Un chauffeur est chargé du service de la chaudière et des appareils sur tout le parcours du train. La chaudière doit être allumée deux ou trois heures avant le départ.

On obtient facilement dans les wagons + 18 degrés centigrades pendant que la température extérieure est — 15 degrés.

La pression dans la chaudière est au plus 3 atmosphères. La consommation de charbon est, en moyenne, de $\frac{1}{2}$ kilogramme par kilomètre pour les trains-poste et de $\frac{3}{4}$ de kilogramme pour les trains directs.

Les trois classes de wagons sont chauffées.

La Compagnie du chemin de la basse Silésie a fait des essais de chauffage au moyen d'une prise de vapeur sur la locomotive. Par une température de — 10 degrés centigrades, on a obtenu + 10 à + 12 degrés dans les voitures, sans nuire à la force de la machine et sans augmenter sensiblement la consommation de charbon.

La même Compagnie a fait des essais d'éclairage des voitures par le gaz. Sous chaque voiture à voyageurs est installé un récipient en fer où est comprimé à 6 ou 8 atmosphères du gaz de paraffine, dont le pouvoir éclairant est quatre fois celui du gaz de charbon de terre.

Un régulateur introduit le gaz dans des tuyaux de $0^{m},007$ de diamètre. La flamme brûle dans des lanternes spéciales et donne une lumière claire et tran-

quille avec laquelle on peut lire commodément. La consommation est de 0m,022 de mètre cube par bec et par heure.

Le prix du gaz est de 1 fr. 10 le mètre cube. La dépense ressort donc à environ 2 centimes $\frac{1}{2}$ par bec et par heure, tandis que l'éclairage à l'huile coûte un peu plus de 6 centimes. Les dépenses d'entretien sont de 0c,125 par bec et par heure; tandis que pour l'huile elles vont jusqu'à 1c,7. L'économie totale ressort à 5 centimes par bec et par heure. La Compagnie de la basse Silésie a installé l'éclairage au gaz pour 330 voitures à voyageurs, et les intérêts du capital d'établissement ont été couverts en trois mois par l'économie réalisée.

Graissage des véhicules. — Le meilleur graissage est celui qui se fait avec la matière la plus fluide, parce que c'est elle qui diminue le plus le frottement.

L'huile vaut donc mieux que la graisse, et l'eau vaut mieux que l'huile. Seulement, à mesure que la fluidité augmente, il devient de plus en plus difficile de maintenir la matière lubrifiante au contact des fusées.

Les boîtes à huile exigent donc plus de soins de construction et d'entretien que les boîtes à graisse. Quant aux paliers hydrauliques, ils n'ont pas encore reçu d'application dans les véhicules de chemins de fer, si ce n'est dans le système spécial inventé par M. Girard.

Aux pages 86 et suivantes de notre *Cours de machines* on trouvera, sur le graissage des arbres tournants, de nombreux détails qu'il nous est impossible de reproduire ici.

Wagons. — Les wagons, servant au transport des marchandises, sont de plusieurs types, que tout le monde connaît et qu'on distingue par des lettres, de même qu'on distingue par les lettres A, B, C les voitures des trois classes.

Il y a généralement trois classes de wagons qui peuvent se subdiviser en variétés, ce sont : les plates-formes, les tombereaux et les wagons couverts.

La tendance générale de ces derniers temps est de faire porter aux wagons une charge utile de 10 à 11 tonnes. Ainsi le nouveau wagon à châssis en fer et à caisse en bois du chemin de fer P. L. M. pèse vide 5360 kil. et doit porter 10 t.

Éléments des voitures et wagons. — Terminons par quelques renseignements sommaires sur les éléments des voitures et wagons.

Les essieux sont forgés avec du fer au bois; la fabrication d'un essieu se fait en quatre ou cinq chaudes, au moyen de l'étampe et du marteau-pilon.

Dans une livraison d'essieux, on en essaye tant pour cent que l'on place sur deux supports à une distance fixée et sur lesquels on laisse tomber d'une certaine hauteur un mouton de poids déterminé; lorsque l'essieu a pris une certaine flèche sous l'influence de coups répétés, on doit pouvoir le redresser et lui rendre sa forme primitive, sans déchirure ni gerçure.

Pour la constitution des roues, on se sert du fer, de la fonte et de l'acier.

Lorsqu'on fait les roues tout en fer, on réunit le bandage au moyeu avec des rais ou rayons en fer forgé.

Les roues à rais ont l'inconvénient d'agir comme des ventilateurs et de soulever des nuages de poussière, aussi a-t-on souvent garni les intervalles entre les rais, soit avec du bois, soit avec de la tôle.

De là à remplacer les rais par un disque plein, il n'y avait qu'un pas, qui a été rapidement franchi. Le disque, qui est simple ou double, est assemblé d'une part sur un moyeu en fonte, d'autre part sur un bandage en fer.

On est revenu à l'emploi des roues en fonte, avec disque évidé, fondues d'une seule pièce, le bandage étant coulé en coquille. L'usage en est répandu en Amérique et en Autriche.

Mais on est dans l'habitude d'exclure les roues en fonte des trains à voyageurs et des wagons à frein, et c'est une bonne précaution, car les ruptures sont bien plus fréquentes avec les roues en fonte qu'avec les roues en fer.

Les roues en acier, fondues d'une seule pièce ou à bandage séparé, commencent aussi à se propager et à recevoir quelques applications.

Les bandages en fer ou en acier sont posés sur le corps de la roue, au moyen de l'embattage; on les porte à une température élevée et on les pose sur le disque; ils se resserrent peu à peu par le refroidissement et l'adhérence s'établit. Il ne faut pas que le serrage soit trop faible, parce que le bandage pourrait se détacher, ni trop fort, parce qu'il pourrait se rompre sous la tension.

Il va sans dire qu'après la pose des bandages les roues doivent être portées sur le tour, et qu'il faut raboter ou émoudre la surface des bandages.

Les figures jointes à notre texte font suffisamment comprendre le système d'attelage en usage; les tampons de choc, aussi favorables au démarrage des trains qu'à la conservation du matériel et à l'atténuation des accidents, sont appliqués aujourd'hui à tous les véhicules et reçoivent des formes plus ou moins élastiques, suivant la destination du véhicule.

Le parcours qu'un essieu peut effectuer avant sa rupture est essentiellement variable; on cite des essieux moteurs de locomotives qui ont parcouru 700,000 kilomètres et qui sont encore en service. Pour les essieux coudés, le délai de garantie du fournisseur est de 150,000 kilomètres.

Le même délai est stipulé pour les bandages des roues en acier fondu. Il est difficile de préciser la durée d'une locomotive ou d'un véhicule de chemin de fer; en principe, on doit arriver, grâce à l'entretien et au renouvellement des parties, à une durée presque indéfinie.

Pour les machines, certains types sont abandonnés avant l'usure complète; en Angleterre, on estime à vingt ans la durée des locomotives; en France, elle doit être plus longue.

ÉTAT DU MATÉRIEL ROULANT

DES SIX GRANDES COMPAGNIES FRANÇAISES, AU 31 DÉCEMBRE 1866.

DÉSIGNATION DU CHEMIN.	LONGUEUR EXPLOITÉE.	NOMBRE PAR KILOMÈTRE DE LOCOMOTIVES			NOMBRE PAR KILOMÈTRE DE VOITURES				NOMBRE DE WAGONS par kilomètre.	NOMBRE TOTAL DES		
	kilomètres.	à voyageurs.	à marchandises.	TOTAL.	1re classe.	2e classe.	3e classe.	TOTAL.		MACHINES.	VOITURES.	WAGONS.
Nord	1251	0.18	0.31	0.49	0.24	0.27	0.36	0.87	13.93	623	1066	16.080
Est	2559	0.16	0.14	0.30	0.13	0.28	0.42	0.83	7.93	782	2109	18.174
Ouest	2013	0.15	0.12	0.27	0.27	0.42	0.29	0.98	6.39	550	1969	10.898
Orléans	3227	0.13	0.09	0.22	0.11	0.14	0.26	0.51	4.73	698	1654	13.594
Paris-Lyon-Méditerranée	3576	0.15	0.21	0.36	0.11	0.18	0.30	0.59	10.97	1277	2094	37.122
Midi	1616	0.10	0.08	0.18	0.11	0.19	0.26	0.56	6.33	500	904	9.353

Ainsi, au 31 décembre 1866, le matériel des six grandes Compagnies françaises comprenait : 4,230 locomotives, 9,796 voitures et 105,221 wagons.

DESCRIPTION DE QUELQUES SYSTÈMES EXCEPTIONNELS DE TRACTION.

Nous terminerons ce chapitre par la description de quelques systèmes exceptionnels de traction d'un usage assez peu répandu, mais qu'il est indispensable de connaître, tels que : chemin de fer atmosphérique, plans inclinés, chemin de fer du Mont-Cenis, chemin du Rigi, etc.

1° CHEMINS DE FER ATMOSPHÉRIQUES.

Papin a le premier proposé de se servir de la raréfaction de l'air pour agir à de grandes distances.

En 1810, un M. Medhurst eut l'idée de recourir à la compression et à la raréfaction de l'air pour faire circuler dans un canal en maçonnerie des caisses chargées de lettres et de marchandises.

En 1824, M. Wallance enferma dans un large tunnel le piston, les voitures et les voyageurs. L'expérience ne réussit pas, mais l'idée a été reprise dans ces derniers temps par plusieurs ingénieurs et mise en pratique en Angleterre.

Aujourd'hui, la transmission des dépêches télégraphiques entre plusieurs bureaux de Paris se fait au moyen de l'air comprimé ; on fait arriver l'eau des conduites de la ville dans une cuve étanche en tôle, l'air s'y comprime et vient agir sur un piston engagé dans un tube de quelques centimètres de diamètre. Le piston traîne après lui une série de boîtes renfermant les dépêches, et le tout se trouve poussé dans le tube avec une vitesse plus ou moins grande, suivant la pression.

L'application de l'air comprimé et surtout de l'air raréfié, a été faite au remorquage des trains sur les fortes rampes. En France, la traction des trains sur la rampe qui va du Vésinet à Saint-Germain s'est effectuée pendant plusieurs années au moyen de l'air raréfié.

En Angleterre, fonctionnait en 1843 un railway atmosphérique, établi par MM. Clegg et Samuda, à Wormwodd-Scrubs, près Londres, et, dans le même temps, M. James Bonfils établissait, au Havre, un appareil analogue qui a fonctionné dans les ateliers de M. Nillus.

Sur une échelle plus grande, le système fut appliqué par la Compagnie du chemin de fer de Dublin à Kingstown sur la section de Kingstown à Dalkey, et M. Mallet l'a décrit dans les *Annales des ponts et chaussées* de 1844, d'où nous avons extrait les figures 1 à 3 de la planche XI.

La voie se compose de rails ordinaires posés sur longrines, lesquelles sont soutenues par des traverses.

Au milieu de la voie est un tube longitudinal en fonte de $0^m,38$ de diamètre, présentant à la partie supérieure une fente longitudinale d'environ $0^m,06$ de large, qui est fermée par une soupape en cuir garnie de fer, figure 3 ; par suite de sa forme, lorsqu'un vide partiel règne dans le tube, les deux parties latérales de ce tube, à partir des bords de la rainure, tendent à se rapprocher en fléchissant autour de la génératrice horizontale; il faudrait donc, pour la résistance de l'appareil, donner à la fonte une épaisseur croissante depuis les bords de la

rainure jusqu'à la partie basse de la section. On se contente de renforcer cette section par des nervures transversales en forme de croissant, convenablement espacées, et on fixe les tubes sur les traverses, comme le montre la figure.

Dans ce tube circule un piston, qui se trouve en tête du train et en avant duquel on fait un vide partiel, au moyen de pompes et de machines fixes; il va sans dire qu'à l'avant du piston la soupape en cuir est appliquée sur la rainure, grâce à la pression extérieure, et l'obture complétement.

En arrière du piston vient une longue tige solide réunie dans sa partie centrale avec le châssis du wagon directeur par une tige en fer qui transmet au wagon le mouvement du piston.

Cette tige en fer, d'abord verticale, se courbe à 45° au passage de la soupape, qui n'a besoin d'être soulevée que de la même quantité.

La soupape en cuir, garnie de bandes de fer sur ses deux faces, afin de conserver une rigidité suffisante, s'appuie en (*a*) et (*a'*) sur un mastic composé de cire et de suif, mastic facilement fusible.

Pendant la marche du piston, le vide se fait devant lui et la soupape est fermée, mais derrière lui sa tige porte deux galets de diamètre croissant qui soulèvent la soupape, permettent à la pression atmosphérique de s'exercer sur la face postérieure du piston et livrent passage à la tige directrice des trains.

A l'arrière du wagon directeur est un galet de grand diamètre qui vient presser fortement la soupape pour l'appliquer sur son siége, et après ce galet on trouve un cylindre plein de charbons incandescents; celui-ci ramollit le mastic et rend la fermeture hermétique.

Ce système est évidemment favorable à la traction sur les fortes rampes, puisqu'il n'a pas besoin de recourir à l'adhérence et qu'il ne possède qu'un faible poids mort. Mais il y a des pertes de pression tellement considérables que le rendement est inférieur à celui de la locomotive; la construction et l'entretien sont du reste plus difficiles. Aussi le système a-t-il été abandonné sur la rampe de Saint-Germain comme ailleurs; cependant il a été préconisé à nouveau dans ces derniers temps, notamment sous la forme d'un tube à large diamètre renfermant les trains tout entiers. On ne peut dire ce que l'avenir réserve à ces essais.

Généralement ils ne seront pas économiques, parce qu'entre la chaleur produite par le combustible et le moteur, il y a trop d'intermédiaires qui absorbent du travail : machine fixe, pompes, tuyaux, etc. Cependant il y a un avantage, c'est qu'on peut emmagasiner du travail, c'est-à-dire faire le vide à l'avance dans la conduite, afin d'aspirer le train dès qu'il se présente.

Le système atmosphérique serait susceptible d'être plus efficacement utilisé dans les pays de montagnes où l'on dispose encore de chutes considérables, auxquelles on peut demander, presque sans frais, le travail nécessaire à la compression ou à la raréfaction de l'air.

2° PLANS INCLINÉS. — PLANS AUTOMATIQUES.

Il y longtemps qu'on a eu l'idée d'utiliser le travail produit par la descente des corps pesants et de l'employer à élever d'autres corps sur des rampes.

C'est particulièrement dans les houillères que ce système est en usage, et la figure 1 de la planche XV suffira à en faire comprendre le mécanisme.

Soit un plan incliné (*ab*) qui se prolonge en haut et en bas par des paliers, ou de faibles inclinaisons. Deux voies ferrées M et N règnent sur toute la longueur du parcours. En A est un train chargé qui va descendre, en B un train de wagons vides qu'il faut élever.

Sur une poulie P, placée sous la voie au sommet de la montée et inclinée en sens inverse de (*ab*), s'enroule un câble, qui sort de terre sur des poulies de renvoi de manière que chacune de ses parties se trouve dans l'axe d'une voie ferrée. Un bout s'attache au train A et l'autre au train B.

Supposez que l'on pousse le train A jusqu'au plan incliné, la pesanteur va l'entraîner sur ce plan, et, si l'inclinaison est supérieure à celle sur laquelle le train descendrait naturellement d'un mouvement uniforme, il y a un excès de force disponible; le câble est donc capable d'exercer une certaine traction sur le train B. Le système doit être disposé de telle sorte que chaque wagon plein puisse faire monter un wagon vide; la pente et les charges sont calculées en conséquence.

Il n'est pas indispensable de construire une double voie sur toute la longueur; il suffit que la double voie existe en haut et en bas, pour faciliter le garage des trains (fig. 2, pl. XI) et dans la partie médiane où se croisent le train montant et le train descendant. Dans la seconde moitié supérieure du plan incliné, pour empêcher le câble montant et le câble descendant de se confondre et de se gêner pendant leur mouvement, on adopte une double voie, mais avec rail intérieur commun. Cette disposition réalise sur la précédente une notable économie, lorsque le plan incliné est de grande longueur.

Les câbles sont supportés de distance en distance par des poulies de $0^m,20$ à $0^m,40$ de diamètre.

A l'origine du mouvement, le train descendant doit traîner toute la longueur du câble; cette charge diminue peu à peu, de sorte que le mouvement tend à s'accélérer; pour faciliter le départ, on force un peu la pente à la partie supérieure du plan; de même pour faciliter l'arrêt, on raccorde à la partie basse la pente et le palier.

Cette disposition conduit donc à adopter pour le profil en long du plan incliné une sorte de chaînette.

Il va sans dire que les wagons doivent être munis de freins, afin de parer à la rupture éventuelle des câbles, et de modérer la vitesse lorsque la charge descendante est hors de proportion avec la charge montante.

Les pentes un peu fortes de $0^m,05$ à $0^m,10$ sont les plus avantageuses pour les plans inclinés.

Les plans inclinés sont très-utiles lorsque la masse des transports se fait dans le sens de la descente et qu'il n'y a qu'à remonter le matériel vide. Ils peuvent donc être installés avec avantage à la sortie des mines et carrières placées à flanc de coteau.

Dans les montagnes où l'on dispose de chutes d'eau considérables, on peut charger avec de l'eau les trains descendant et par ce moyen élever des wagons chargés de matériaux : cette combinaison était à signaler, bien qu'on n'ait pas souvent l'occasion de l'appliquer.

Sur les chemins de fer, le plan automoteur, sur lequel le jeu de la pesanteur est seul à intervenir, ne se rencontre guère, parce qu'il faut satisfaire aux besoins de la circulation dans les deux sens. On peut à la rigueur compenser en partie le poids qui monte par celui qui descend, mais il faut demander l'excédant de puissance à un moteur spécial; c'est une machine fixe communiquant

un mouvement de rotation à un tambour sur lequel s'enroule un câble de raction.

La machine fixe est, autant que possible, placée au sommet du plan incliné; elle agit sur un tamhour dont l'axe porte une bobine qui reçoit le câble. On peut placer le tambour au-dessus de la voie et dans son axe, à une hauteur suffisante pour que les wagons puissent passer sous le bâti; ou bien on dévie la voie à partir du sommet du plan incliné; ou bien encore, on place le moteur fixe en dehors de la voie et on a recours à des poulies de renvoi pour donner au câble la direction convenable.

Un système d'embrayage à levier permet de mettre la bobine du câble en rapport avec le moteur et de le soustraire à son action, suivant que l'élévation d'un train commence ou finit.

En haut comme en bas du plan incliné, on dispose des voies de garage.

Il va sans dire que l'excès du poids descendant sur le poids montant ne doit pas dépasser le frottement de glissement du câble sur la gorge de la poulie, parce qu'alors celle-ci ne tournerait plus; mais cet effet arrive rarement, parce que le frottement croît avec la pression; si cependant il était à craindre, il faudrait augmenter l'étendue de l'arc embrassé par le câble sur la poulie.

A l'origine des chemins de fer, on ne croyait pas à la possibilité de l'emploi de la locomotive sur les fortes rampes : on cherchait à accumuler les pentes sur des longueurs restreintes, de manière à racheter tout d'un coup une grande différence de niveau; on créait donc un plan incliné sur lequel on remorquait les trains au moyen de machines fixes.

La rampe que l'on trouve en arrivant à Liverpool, sur la ligne de Manchester à Liverpool, a $0^m,021$ d'inclinaison par mètre et règne sur 1804 mètres de longueur. Aujourd'hui, elle est parcourue par les locomotives; mais dans le principe Stephenson y établit un plan incliné avec double voie et câble sans fin agissant à la fois sur le train montant et sur le train descendant.

La solution de Stephenson fut appliquée sur la ligne de Malines à Liége près de cette dernière ville, et les figures 6 et 7 de la planche XI indiquent les dispositions générales des plans inclinés de Liége.

Il y a deux plans inclinés successifs séparés par un palier de 330 mètres de long; ces deux plans sont en alignement droit, mais raccordés par une partie courbe, ce qui a permis de placer les machines en dehors des voies, comme l'indique le plan.

Les deux rampes, que sépare le palier de 330 mètres, ont chacune 1980 mètres de long, avec des inclinaisons successives de 14, 28, 30 et 15 millimètres, l'inclinaison de 30 régnant sur la plus grande partie de la longueur.

La voie est double et le mouvement se fait toujours dans le même sens; on aperçoit un câble dans l'axe de chaque voie simple; le train montant est tiré vers le haut et le train descendant est tiré vers le bas.

Il y a une machine fixe spéciale pour chacun des plans inclinés, et cela est nécessaire, car on arriverait à une longueur de câble beaucoup trop considérable.

Considérons le plan incliné inférieur : la vapeur est amenée du bâtiment des chaudières par le conduit (*i*) jusqu'aux machines fixes à basse pression *a*,*a*, celles-ci agissent sur les deux poulies couplées *c*,*c*. Le câble montant passe sur la poulie de renvoi *f*, vient faire deux tours sur la première poulie motrice *c*, de celle-ci passe sur la seconde poulie motrice *c*, dont il fait aussi deux fois le tour; il va de là sur la poulie horizontale *d*, portée par un chariot mobile sur

deux rails; après avoir embrassé la poulie *d* sur une demi-circonférence, le câble revient sur la poulie de renvoi *g* pour se diriger suivant l'axe de la voie descendante. Au bas du plan incliné, il passe sur une poulie souterraine de grand diamètre, et revient en *f* par l'axe de la voie montante. Nous avons donc parcouru le circuit complet.

La poulie horizontale (*d*) est, avons-nous dit, portée par un chariot mobile sur deux rails qu'on voit indiqués par deux traits pleins; à l'arrière de ce chariot s'attache une chaîne qui vient descendre dans un puits *e*, où elle se termine par un lourd contre-poids.

Lorsque le câble obéit aux variations d'humidité et de température, lorsqu'il se contracte ou s'allonge, le chariot (*d*) se rapproche ou s'éloigne des poulies motrices, le contre-poids s'élève ou s'abaisse dans le puits; mais le câble reste toujours convenablement tendu, et l'on n'a pas à s'occuper d'en régler la tension.

Les plans inclinés de Liége ont été décrits par M. l'ingénieur Garella dans les Annales des ponts et chaussées de 1843. L'exécution en a été très-coûteuse et est revenue à plus d'un million par kilomètre. C'était un beau travail, et le système fonctionnait bien, mais il n'était pas économique et créait une grande gêne pour l'exploitation. Aujourd'hui, les locomotives ont remplacé les machines fixes.

Le service des plans inclinés exige l'installation d'un système très-complet de signaux.

Parmi les plans inclinés de construction récente, nous signalerons :

1° Le plan incliné de la Croix-Rousse, à Lyon, qui présente une longueur d'environ 500 mètres avec une inclinaison de $0^m,16$. Il est à deux voies, qui servent alternativement à la montée et à la descente; on n'a donc pas eu besoin d'un câble sans fin, et on a un câble à deux bouts dont un tire le train montant tandis que l'autre retient le train descendant. L'un des bouts s'enroule sur le tambour, tandis que l'autre se déroule; un appareil d'embrayage permet de faire tourner le tambour tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. Des freins automoteurs perfectionnés sont adaptés aux véhicules et suffiraient à les arrêter, si le câble venait à se rompre;

2° Le plan incliné d'Ofen, dont la longueur est de 90 mètres avec une rampe de $0^m,5$, c'est-à-dire inclinée à 30°; les wagons comprennent trois compartiments étagés;

3° Les plans inclinés de la Levade, qui mettent en communication les houillères de Portes (Gard) avec la ligne d'Alais à la Grande-Combe. Ils sont représentés en profil par la figure 2 de la planche XV.

Du point (*a*) partent 3 wagons pleins qu'une machine fixe monte sur le plan incliné (*ab*) de 410 mètres de longueur et de $0^m,25$ de pente par mètre; en même temps 3 wagons vides descendent de *b* en *a*.

De *b* en *c* règne un palier, cependant les voies montante et descendante ont de légères pentes en sens inverse, pour permettre, grâce à un faible effort, aux wagons pleins de se rendre de *b* en *c*, et aux wagons vides de venir de *c* en *b*.

Puis vient un second plan incliné, *cd*, desservi comme le premier par une machine fixe, sur 865 mètres de longueur avec pentes variant de $0^m,25$ à $0^m,35$.

En (*d*) les wagons pleins trouvent une voie qui descend vers la Levade avec une inclinaison de $0^m,015$; cette voie, de 2500 mètres de longueur, est parcourue simplement par l'effet de la pesanteur que l'on règle au moyen du frein.

Une autre voie, inclinée en sens inverse, permet aux wagons vides de venir naturellement de *f* en *d*.

En (*e*), les wagons pleins rencontrent un plan automoteur, de 530 mètres de long, dont l'inclinaison varie de $0^m,20$ à $0^m,30$; en descendant, ils montent trois wagons vides, et, grâce à la vitesse acquise, les élèvent même jusqu'au point *f* où se trouve la poulie.

De *g* en *i*, on trouve sur 5200 mètres de longueur une voie inclinée vers la Levade pour la descente naturelle des wagons pleins, et une voie de retour inclinée en sens inverse, laquelle ramène les wagons vides de *h* en *g*.

En *ik*, on trouve un plan automoteur analogue au précédent; les wagons pleins descendant à la Levade montent trois wagons vides de *k* en *h*.

Les trains successifs peuvent se succéder à quelques minutes d'intervalle.

Ces combinaisons ingénieuses des plans inclinés avec machines fixes et des plans automoteurs ne sont évidemment pas d'une application courante et doivent être appliquées avec discernement; comme nous l'avons dit plus haut, elles conviennent surtout à l'exploitation des mines et carrières.

Sur les lignes de chemins de fer, depuis l'adoption des locomotives à fortes rampes, les plans inclinés ne sont plus en usage; ils sont coûteux et gênent beaucoup l'exploitation. Cependant, ils sont encore susceptibles de rendre des services réels, mais il faut leur donner des inclinaisons bien supérieures à celles qu'on adoptait autrefois.

3° **Systèmes destinés à circuler dans les courbes de petit rayon.** — Bien des systèmes ont été proposés pour rendre la circulation dans les courbes aussi facile qu'en ligne droite; les plus connus sont ceux de M. Laignel et de M. Arnoux.

Système Laignel. — Lorsqu'on prend un chapeau ordinaire et qu'on le fait rouler sur une surface plane, il y a deux jantes ou cercles de roulement : la circonférence du fond et la circonférence des bords saillants, celle-ci est plus grande que l'autre, et, comme toutes deux sont solidaires, le chapeau ne peut se mouvoir qu'en courbe. Le rayon de la courbe est d'autant moindre que le chapeau est à plus larges bords.

Tel est, sous une forme vulgaire, le principe appliqué par M. Laignel à la circulation des véhicules dans les courbes.

Au passage des véhicules dans les courbes, deux difficultés se rencontrent : l'inégalité de vitesse des deux roues solidaires et le parallélisme des essieux. M. Laignel ne s'occupe pas de ce second point. Son procédé corrige seulement l'inconvénient qui résulte de l'inégalité de vitesse des roues jumelles; il consiste à augmenter au passage des courbes le diamètre de la roue extérieure en la faisant rouler sur son mentonnet, tandis que l'autre continue à rouler sur la partie plate de la jante. A cet effet, M. Laignel adapte à la face interne du rail extérieur une plate-bande en fer sur laquelle le mentonnet de la roue monte par une pente douce à l'entrée de la courbe.

Cette application ingénieuse, sorte d'extension donnée à la conicité du bandage, a l'inconvénient de ne convenir qu'à un rayon déterminé. Elle a rendu quelques services dans les chemins de fer industriels, mais paraît aujourd'hui complètement abandonnée.

Système Arnoux. — Le système Arnoux a été plus heureux que le précédent : l'application qui en a été faite subsiste encore, mais elle n'a pas trouvé d'imitateurs.

La ligne de Paris à Sceaux et à Limours, exploitée par la Compagnie d'Orléans,

a été construite en vue de la circulation des trains articulés de M. Arnoux, qui y fonctionnent toujours.

M. Arnoux, dit M. Bineau, dans un rapport sur la question, a cherché à faire disparaître à la fois les deux inconvénients que présente, au passage des courbes, le mode actuel de construction des véhicules, c'est-à-dire la fixité des roues et le parallélisme des essieux. Pour cela, rétablissant pour les chemins de fer le système habituel des voitures qui circulent sur les routes ordinaires, il a rendu aux roues leur mobilité autour des essieux et à ces essieux eux-mêmes la faculté de tourner dans un plan horizontal autour des chevilles ouvrières pour se prêter au mouvement de convergence exigé par les courbes.

Cette mobilité ou faculté de convergence une fois donnée aux essieux, il a fallu en régler l'usage, c'est-à-dire diriger le mouvement des essieux, et voici l'ensemble des moyens par lesquels M. Arnoux y parvient :

1° Le premier essieu du convoi est dirigé par des galets, figures 1 à 3, planche XVI ;

2° Le second essieu de chaque voiture est dirigé par le premier ;

3° Le premier essieu de chaque voiture est dirigé par la flèche de la voiture précédente.

Le premier essieu du convoi est dirigé par quatre galets G qu'il porte à l'extrémité de flèches recourbées. Ces galets sont mobiles dans des plans presque horizontaux et s'appuient en roulant contre les faces verticales internes des rails.

Le second essieu de chaque voiture est dirigé par le premier. Pour cela, la cheville ouvrière de chaque essieu porte une couronne horizontale et, dans chaque voiture, les deux couronnes d'essieu ont même diamètre. L'intervalle qui sépare deux essieux d'une même voiture est égal à celui qui sépare l'essieu de cette voiture de l'essieu le plus proche de la voiture adjacente ; comme tous les timons sont mobiles autour des chevilles ouvrières, les points C,C sont les sommets d'un polygone régulier inscrit dans la courbe, la convergence s'établira si chaque essieu est forcément dirigé suivant la bissectrice de l'angle au sommet du polygone. A cet effet, quatre bielles égales B réunissent deux timons successifs à des manchons mobiles le long de l'essieu ; les quatre bielles forment un losange articulé dont l'essieu est toujours la diagonale. L'assemblage des timons *d*, *d*, se fait au moyen de clavettes.

Le premier essieu du train étant dirigé par ses quatre galets, tous les autres essieux se mettent naturellement à converger vers le centre de la courbe ; les roues étant indépendantes, la conicité devient inutile, on adopte donc un bandage cylindrique et un rail vertical.

Le dernier essieu du train est aussi muni de galets, car il devient directeur lors des manœuvres de refoulement.

Le système articulé ne peut fonctionner au passage des traversées de voie et des croisements ordinaires.

En outre, la convergence si bien établie pour les voitures n'est pas absolue pour les machines : les grandes vitesses sont incompatibles avec les faibles rayons de courbure ; le système articulé est assez compliqué et entraîne des sujétions d'exploitation. Pour toutes ces raisons, il ne s'est pas propagé et finira par disparaître.

4° SYSTÈMES A ADHÉRENCE SPÉCIALE.

Système Larmanjat. — Le système Larmanjat a été l'objet de nombreuses expériences dans ces derniers temps; voici la description qu'en a donnée M. Belgrand au conseil général de l'Yonne :

« Le roulage exige à poids égal et sur un palier une force de traction dix à douze fois plus grande sur une route que sur un chemin de fer, ce qui tient à ce que l'adhérence, le frottement produit au contact de la jante de la roue et de la voie par le poids de la voiture est dix fois plus grand au moins sur la route que sur la voie ferrée.

« On sait encore que les machines locomotives doivent toute leur force à l'adhérence de la jante de la roue sur le rail; si l'on parvenait à supprimer cette adhérence, les roues motrices de la locomotive tourneraient sur elles-mêmes indéfiniment sans produire aucune force de traction. Il y aurait donc intérêt à augmenter autant que possible le frottement et l'adhérence des roues de la locomotive sur les rails, si les wagons qui viennent derrière ne subissaient le même frottement, ce qui augmenterait proportionnellement les frais de traction. On ne peut donc augmenter le frottement des roues motrices sur les rails qu'en augmentant démesurément le poids des locomotives, et c'est ainsi qu'on produit assez d'adhérence pour mettre le convoi en mouvement.

« Plus la pente du chemin de fer augmente, plus le poids de la locomotive doit être grand; pour franchir avec un très-petit convoi de marchandises la rampe de 20 millimètres qu'on admet sur les chemins de fer vicinaux, il faudra des machines très-lourdes et très-puissantes, c'est-à-dire de très-gros rails, un excellent ballast, de solides ouvrages d'art, en un mot tout autre chose que ce qui a été admis dans les projets dressés d'enthousiasme dans les premiers moments où il a été question de ces chemins de fer; suivant nous, cette difficulté est telle qu'elle doit faire repousser la plupart des projets proposés; dans notre département, on ne trouverait partout que mécompte et déception, puisqu'il est certain que, pour rester dans les limites de dépenses possibles, il faut que les rails et le matériel roulant soient légers et que cependant la limite supérieure de la pente soit très-élevée.

« Il faudrait, pour établir les chemins de fer dans des conditions pratiques, augmenter considérablement l'adhérence des roues motrices des locomotives pour franchir les fortes rampes avec des machines légères et ne pas augmenter la résistance à la traction des voies ordinaires.

« M. Larmanjat a résolu ce difficile problème et d'une manière aussi simple qu'économique. Il décuple au besoin l'adhérence des roues motrices de la locomotive en les faisant porter sur une chaussée empierrée ou une longrine en bois, et en même temps il réduit au minimum la force de traction en faisant porter les autres roues de la locomotive et celle des wagons du convoi sur une voie ferrée. Avec une machine pesant cinq tonnes, il peut obtenir autant et plus d'adhérence qu'avec une des plus lourdes machines du chemin de fer de Lyon qui pèse 40 tonnes. Il peut franchir des rampes de 3 à 5 centimètres par mètre en traînant, outre le poids de la locomotive, un poids brut de 15 tonnes, ce qui, suivant toutes prévisions, dépasse le poids du plus lourd convoi des chemins de fer vicinaux. Voici comment il arrive à ce résultat :

« La voie ferrée se compose d'un seul rail bien léger, puisqu'il ne pèse que 12kil,70 par mètre courant.

« La locomotive est à quatre roues. Deux sont placées l'une à l'avant, l'autre à l'arrière, et portent sur le rail : ce sont les roues directrices; les autres sont dans la même section transversale et portent sur la terre : ce sont les roues motrices. Par un mécanisme aussi simple qu'ingénieux, le poids de l'appareil porte à volonté sur les roues directrices ou sur les roues motrices. Dans le premier cas, on a le minimum d'adhérence, celle nécessaire pour circuler sur palier; on obtient le maximum dans le second cas, lorsqu'il faut franchir les fortes rampes. Les voitures du convoi ont également quatre roues, dont deux reposent sur le rail et deux sur la route, mais la disposition du ressort est telle que tout le poids porte sur la voie ferrée. La force de traction est donc très-sensiblement la même que sur un chemin de fer ordinaire.

« Ainsi, M. Larmanjat produit, avec de très-petites locomotives pesant avec leur chargement de 4 à 5 tonnes, une puissance suffisante pour franchir les rampes non plus de 20, mais de 40 à 50 millimètres avec un convoi de 15 à 20 tonnes; de plus, les roues directrices ne portent que sur un seul rail, et la première étant montée sur pivot, il peut passer sur des courbes de 5 mètres de rayon, c'est-à-dire contourner le carrefour de deux routes qui se coupent à angle droit. »

Le système Larmanjat a été expérimenté entre le Raincy et Montfermeil ainsi qu'au Trocadéro; il n'a pas donné les résultats économiques que l'inventeur en attendait, et cela se conçoit, car, pour remorquer de lourdes charges sur de fortes rampes, il s'agit de développer non-seulement de l'adhérence, mais aussi de la puissance. Or, l'adhérence et la puissance sont choses corrélatives; si vous voulez une machine puissante, elle sera nécessairement lourde et, par suite, possèdera un grand poids adhérent.

L'adoption des fortes rampes, exigeant une grande puissance de traction, exige aussi de lourdes locomotives, et l'adhérence de celles-ci est, par le fait même de la construction, en rapport avec le travail qu'on leur demande.

Donc, tant que l'on n'aura pas trouvé le moyen de créer des machines plus légères, à égalité de puissance, que celles dont nous nous servons aujourd'hui, il semble inutile de chercher à augmenter l'adhérence par des moyens spéciaux. L'adhérence sur rails suffira en général.

Prenons la locomotive Larmanjat, qui pèse 6 tonnes; avec le coefficient ordinaire d'adhérence $\frac{1}{7}$, elle pourra exercer un effort de traction de 850 kilogrammes. Admettant 10 kilogrammes par tonne pour la résistance au roulement sur niveau, moteur compris, et 30 kilogrammes par tonne pour la résistance sur rampes de 0,03, cela fait une résistance totale de 40 kilogrammes par tonne. Ainsi, la machine remorquera en tout 21 tonnes, soit un train de 15 tonnes.

C'est le résultat qu'obtient M. Larmanjat avec son adhérence spéciale, il n'en résulte donc aucun avantage particulier.

« M. Larmanjat, dit M. Jules Morandière, pense qu'il obtient plus d'adhérence en faisant porter sur la route les roues motrices de la machine (nous faisons des réserves sur ce point), et que, le rail recevant les $\frac{2}{3}$ ou les $\frac{3}{4}$ de la charge des wagons, les résistances du train ne sont pas beaucoup plus grandes que sur un chemin de fer. Comme le roulement des roues latérales détruit rapidement le macadam, l'inventeur propose de mettre le plus souvent une ou deux files de longrines en bois sous ces roues.

« Au premier abord, ce système paraît séduisant ; mais, si nous cherchons à comparer les dépenses d'établissement du chemin de fer de M. Larmanjat avec celles d'un chemin de fer ordinaire, à petite voie et matériel du même poids, nous nous apercevrons facilement qu'elles diffèrent peu.

« En effet, lorsque la charge reposera sur deux rails, au lieu d'un seul, chacun d'eux pourra être presque moitié plus léger. D'autre part, le cube de bois des petites traverses et des longrines employées par M. Larmanjat suffira pour les traverses du chemin de fer ordinaire. Il est évident également pour un ingénieur que le matériel d'un chemin ordinaire est beaucoup moins cher que celui du système mixte.

« Dans l'exploitation, un chemin à deux files de rails donnera toujours lieu à moins d'entretien qu'un chemin mixte, tant pour l'infrastructure que pour le matériel, et les dépenses de traction seront bien inférieures sur le chemin de fer ordinaire. »

Toutes ces raisons font comprendre pourquoi le système Larmanjat, accueilli d'abord avec une certaine faveur, paraît destiné à tomber dans l'oubli.

Système du Rigi, crémaillère centrale. — Sur les très-fortes rampes, on ne peut plus compter sur l'adhérence et il faut donner à la locomotive un point d'appui solide pour lui permettre d'exercer son effort de traction : dans ces conditions, la vitesse est considérablement réduite, l'adhérence fonctionnerait mal, quelquefois même elle cesserait de fonctionner, parce que l'inclinaison se rapprocherait de l'angle de glissement.

Quand, à l'origine des chemins de fer, on ne soupçonnait pas la valeur de l'adhérence, nous avons vu qu'on imagina de garnir de dents la circonférence de la roue motrice et de la faire agir sur un rail denté lui-même en forme de crémaillère.

Le rail latéral se prêtait mal à un pareil genre d'action, et, lorsqu'on eut l'idée de se touer sur une crémaillère pour gravir les pentes roides, on adopta un rail central.

Le chemin du Rigi est donc à trois rails : deux rails latéraux ordinaires qui portent les véhicules et un rail central, sorte de chaîne à la Vaucanson ou d'échelle de faible largeur, dans les mailles de laquelle engrènent les dents d'une roue mise en mouvement par le piston de la machine.

Les figures 4 et 5 de la planche XV représentent le système qui se comprend sans peine. La longueur du chemin du Rigi, qui facilite singulièrement aux touristes l'ascension de cette belle montagne, est de 5,340 mètres, et il rachète une différence de niveau de 1,200 mètres, avec une rampe variant de 0,18 à 0,25 ; le rayon des courbes est de 180 mètres.

La voie comprend : 1° des traverses, fixées entre elles et maintenues par des longrines latérales ; 2° deux rails écartés de 1^m,435 et pesant 16 à 17 kilogrammes le mètre courant ; 3° le rail central ou crémaillère.

La locomotive, munie d'une chaudière tubulaire verticale, pèse 12 tonnes et demie et sa puissance est de 120 chevaux ; une chaudière horizontale eût été inadmissible à cause de la valeur des pentes. A la descente, on laisse rentrer l'air dans les cylindres et on ne consomme pas de vapeur.

Il n'y a qu'une voiture à voyageurs que la locomotive pousse à la montée et retient à la descente ; tout attelage est inutile. La machine remorque les deux tiers de son poids à la vitesse de cinq kilomètres.

Le chemin du Rigi, construit par M. Riggenbach, donne lieu à une fructueuse exploitation.

Il est imité du chemin du Mount-Washington (État de New-Hampshire), qui monte de 1,100 mètres sur une longueur de 4,000 mètres.

Système Fell. — On saisira nettement le mérite du système Fell lorsque l'on aura lu les lignes suivantes, extraites du rapport de M. Conche sur les locomotives à l'Exposition de 1867 :

« La locomotive, ce moteur si simple, si docile, cesse cependant de faire un bon service :

« 1° Quand la vitesse s'abaisse au-dessous d'une certaine limite ;

« 2° Quand l'inclinaison des rampes dépasse un certain point.

« *Premier cas.* — L'effort de traction proportionnel à la surface des pistons, à leur course, et inversement proportionnel au diamètre des roues motrices, varie évidemment aussi, à égalité de vaporisation ou de production de travail, en raison inverse de la vitesse de translation. Cet effort est transmis par l'intermédiaire de l'adhérence, et il est clair que la vitesse diminuant, l'adhérence finit par devenir inférieure à l'effort de traction qui croît corrélativement. La machine est alors hors d'état d'utiliser toute sa puissance mécanique.

« En palier ou sur de faibles rampes, il n'y aurait pas, dans certaines limites, beaucoup d'inconvénients à augmenter le poids de la machine, pour rétablir l'équilibre, mais il en serait tout autrement sur les fortes inclinaisons.

« Heureusement, la limite de vitesse au-dessous de laquelle l'adhérence fait défaut est très-peu élevée, même avec des machines aussi légères que possible, eu égard à leur force (et pourvu, bien entendu, que toutes leurs roues soient couplées). Sur la ligne de Pontarlier, par exemple (réseau de Lyon), la vitesse des trains de marchandises a été réglée à 15 kilomètres, et le patinage ne crée pas de difficultés. Cette vitesse réduite permet de profiter, pour augmenter la charge remorquée, de l'accroissement qui en résulte pour l'effort de traction ; il est évident que, si l'on se contentait d'une vitesse moitié moindre, par exemple, inadmissible sur les grandes lignes, mais suffisante pour certains chemins industriels, l'adhérence ferait complétement défaut, et cela, aussi bien sur palier que sur de fortes rampes. C'est uniquement une question de vitesse.

« *Deuxième cas.* — S'il y a une assertion souvent reproduite, c'est assurément celle-ci : « Le défaut d'adhérence est le seul obstacle à l'emploi de la locomotive sur les rampes très-inclinées, de sorte que la difficulté disparaîtrait en remplaçant l'adhérence due au poids seul par une autre force indépendante de ce poids. » Sans doute il y a une limite d'inclinaison à partir de laquelle les rampes deviennent inaccessibles à la locomotive agissant par simple adhérence, quels que soient son poids et sa puissance : c'est l'angle du frottement. Mais, fût-on affranchi de la condition de l'adhérence sur une telle rampe, on n'y gagnerait rien, attendu que la locomotive, même la plus légère, ne remorquerait qu'un poids presque nul, sa propre remorque absorbant toute sa puissance.

« On a prétendu, il est vrai, que n'ayant plus à se préoccuper de la condition de l'adhérence, on pourrait faire les machines spécifiquement plus légères. Mais c'est le contraire qui est exact, parce que, d'une part, la locomotive agissant par l'adhérence, est aussi légère que possible, et que, d'un autre côté, on ne peut, jusqu'à présent du moins, remplacer ou compléter l'adhérence qu'en appliquant à cette même machine, identique d'ailleurs, des organes nouveaux, c'est-à-dire en augmentant son poids.

« Il importe de bien définir les conditions dans lesquelles on peut être conduit à recourir à un tel artifice.

« En réalité, une machine supposée développer toute sa puissance et marcher à

sa vitesse ne manque pas plus d'adhérence en rampe qu'en palier, car elle n'en perd que la fraction insignifiante, même sur les plus fortes inclinaisons pratiques, due à l'excès de son poids sur la composante de ce poids normale au profil. L'inconvénient des rampes, au point de vue de l'adhérence, ne surgit donc que quand on réduit la vitesse au-dessous de cette limite, citée tout à l'heure, de 15 kilomètres environ, plus ou moins, selon le climat.

« Jusque-là leur seul inconvénient, capital d'ailleurs, est la grandeur croissante du poids de la locomotive, relativement au poids qu'elle traîne. Avec une vitesse très-réduite, l'effort de traction croît corrélativement; le poids remorqué pourrait être augmenté aussi, si l'adhérence, qui est toujours la même, ne faisait alors défaut.

« On conçoit donc comment on peut être conduit, pour franchir les fortes rampes avec une vitesse réduite, à suppléer à l'insuffisance de l'adhérence ordinaire. M. Fell y arrive par un artifice dont il revendique, non l'idée première, mais seulement la réalisation. Il est juste de rappeler que cette idée, en admettant qu'elle ait été conçue d'abord en Angleterre, l'a été également en France par M. le baron Séguier. Son but était moins, il est vrai, de servir dans un cas spécial, que de prévenir, en général, les déraillements (assez fréquents autrefois, mais très-rares aujourd'hui), en rattachant la tête du train, c'est-à-dire le moteur à la voie.

« M. Fell a arrêté, après plusieurs essais, le type de machines qui est aujourd'hui, avec quelques modifications, en construction dans les ateliers de M. Gouin. On s'en fera une idée sommaire, mais exacte, en concevant une locomotive à huit roues couplées, dont quatre verticales et porteuses, et quatre horizontales, commandées par les mêmes pistons au moyen de bielles motrices distinctes, et pinçant entre elles un rail central. On a donc, d'une part, l'adhérence ordinaire due au poids entier de l'appareil; et, de l'autre, l'adhérence facultative, en quelque sorte illimitée, due à la pression exercée par des ressorts, et que le mécanicien règle à volonté.

Ce système subit, comme tout autre, l'inconvénient irréparable de l'emploi de la locomotive sur les rampes très-fortes, c'est-à-dire la faiblesse relative des poids qu'elle remorque. Cet inconvénient peut toutefois être atténué ; la vitesse de translation pouvant être réduite autant qu'on le veut par suite de la source d'adhérence dont on dispose, le poids remorqué augmente en conséquence. Mais, s'il s'agit d'un passage de montagne et d'un grand trafic, les exigences mêmes du tonnage quotidien peuvent exclure une marche par trop lente. Il convient, d'ailleurs, d'ajouter que le rail central et les roues horizontales offrent des garanties de sécurité très-réelles, tant au point de vue de la circulation dans des courbes très-roides, bordées de précipices, qu'au point de vue des moyens d'arrêt, sur des rampes d'une inclinaison inusitée.

La voie du système Fell (figure 3, planche XIV) avait été établie au mont Cenis pour relier la ligne de Savoie à la ligne italienne, entre Saint-Michel et Suze; elle reposait sur la route nationale du mont Cenis, dont elle empruntait les accotements, en laissant pour la circulation ordinaire une largeur franche de 6 mètres.

Les courbes de raccordement que présentait l'axe de la voie descendaient jusqu'à 38 mètres de rayon; la rampe maxima était de 0,084 et la rampe moyenne de $0^m,05$ à $0^m,06$.

La voie est formée de rails extérieurs destinés à supporter l'action des roues verticales de la machine et d'un rail central destiné à supporter celle des roues horizontales qui le laminent entre elles.

Les rails extérieurs, espacés de $1^m,10$ d'axe en axe, sont à patin et posés avec des crampons sur des traverses en bois. Le rail central est boulonné à plat sur des coussinets de forme spéciale fixés sur une longrine en bois, laquelle est posée sur les traverses et leur est reliée par de fortes broches.

Par suite de cette disposition, le rail central se trouve à $0^m,19$ au-dessus des rails extérieurs. Les coussinets sont en fer, ils sont posés à l'espacement de $1^m,80$ dans les alignements droits.

La présence du rail central entraîne plusieurs questions secondaires : 1° les changements de voie n'étaient guère possibles qu'en supprimant le rail central, et c'est à ce parti qu'on s'est arrêté ; 2° aux passages à niveau, on a rendu le rail central mobile autour de deux axes transversaux à la voie et, au moyen d'un levier à contre-poids, on peut le coucher dans une rainure ménagée pour le recevoir.

Dans les parties hautes du mont Cenis, la gelée et les amoncellements de neige étaient à craindre, et il a fallu enfermer la voie dans une galerie continue ; cette galerie a été construite avec des fermes en charpente supportant une couverture en tôle ondulée et des parois latérales en planches, avec volets mobiles convenablement espacés pour donner de l'air et de la lumière.

La machine, employée en 1866 et représentée par les figures 4 et 5 de la planche XVI, n'a qu'une paire de cylindres moteurs intérieurs placés à l'avant sous la boîte à fumée et commandant à la fois les roues horizontales et les roues verticales. L'axe des cylindres est à la hauteur des roues horizontales qui reçoivent ainsi une impulsion directe au moyen de bielles et manivelles et de bielles d'accouplement; la tige du piston se prolonge de l'autre côté du cylindre et vient, par l'intermédiaire d'une bielle oscillante, imprimer un mouvement alternatif de rotation à un arbre horizontal ou faux essieu, placé tout à fait à l'avant de la machine. Cet arbre, à son tour, porte à ses extrémités et extérieurement au châssis deux manivelles dont l'oscillation sert à transmettre le mouvement aux roues verticales d'arrière ; celles-ci sont accouplées avec celles d'avant.

On est frappé de la complication de ce mécanisme ; la transmission était en effet très-dure et fatiguait beaucoup les pièces.

Les nouvelles machines Fell sont à quatre cylindres : deux pour les roues verticales et deux pour les roues horizontales.

Ce système ingénieux ne devra évidemment être mis en œuvre que dans les cas exceptionnels, et il est susceptible alors de rendre de précieux services.

Voici, pour terminer, quelques renseignements donnés par M. Fell lui-même à l'association britannique :

« Depuis l'ouverture de la ligne du Mont-Cenis, en juin 1868, plusieurs autres lignes de montagne à rail central ont été étudiées dans diverses parties du monde. L'une de ces lignes est maintenant construite au Brésil, elle commence à l'extrémité du chemin de fer de Canto Gallo, traverse la montagne à $914^m,37$ au-dessus du niveau de la ligne principale et se termine à la ville de Novo Friburgo après un parcours de 32,186 mètres. Sous certains rapports cette ligne ressemble à celle du mont Cenis ; sur une longueur de 16,093 mètres, les pentes sont comprises entre $\frac{1}{20}$ et $\frac{1}{12}$ et l'on rencontre des courbes de 40 à 100 mètres de rayon, on a également adopté l'écartement de $1^m,10$. Sous d'autres rapports, il existe entre les deux lignes de notables différences. La ligne du mont Cenis était concédée temporairement et établie sur le sol de l'ancienne route, au contraire la ligne de Canto Gallo sera établie d'une manière définitive, elle n'aura pas à lutter contre les difficultés du climat des Alpes, et elle profitera de l'expérience

acquise dans la construction des machines par deux années d'exploitation.

La ligne du mont Cenis, pendant deux ans et trois mois d'exploitation, a transporté plus de cent mille voyageurs et une grande quantité de marchandises, les trains ont parcouru plus de cent mille kilomètres sans aucun accident. Depuis le mois de septembre 1869, elle a donné passage à la malle des Indes et au service des postes entre la France et l'Italie. Bien que cette ligne soit encore un essai, elle a montré ce que l'on peut attendre de l'emploi d'un rail central pour les chemins de fer à établir dans des montagnes inaccessibles aux locomotives ordinaires.

Au mont Cenis, le prix de la traction par train et par kilomètre a été environ de 3 francs. L'auteur estime que, par suite des perfectionnements apportés à ses machines, ce prix ne dépassera pas 1 fr. 50 sur la ligne du Brésil et sur les autres lignes qu'il espère entreprendre.

« Les nouvelles machines de M. Fell ont quatre rouleaux de pression au lieu de deux, elles peuvent marcher à une vitesse de 32 à 48 kilomètres par heure sur les pentes ordinaires de la ligne et traîner leur chargement dans les passages les plus difficiles de la montagne avec une vitesse de 13 à 16 kilomètres par heure. »

Système Agudio. — Le système Agudio, tel qu'il fonctionne aujourd'hui, est une combinaison du plan incliné à machine fixe avec le câble télodynamique et le rail central.

Lorsqu'il s'agit de remorquer un train pesant sur un plan incliné de forte pente et de grande longueur, il faut un câble de gros diamètre et de poids énorme; c'est donc un poids mort considérable. Mais il y a un autre inconvénient plus grave encore, c'est que ce câble doit être soutenu par des poulies rapprochées et il en résulte des frottements considérables; sa roideur ou résistance à l'enroulement absorbe aussi beaucoup de travail; enfin il est nécessaire de placer le câble en alignement droit, ce qui entraîne une grande sujétion de tracé et par suite de fortes dépenses.

Le système ordinaire des plans inclinés à machine fixe ne saurait donc convenir à un tracé accidenté avec fortes rampes et trafic important.

Le locomoteur de M. Agudio a pour objet de corriger tous les inconvénients de ce système.

C'est, avons-nous dit, une application du câble télodynamique, que nous avons étudié dans notre cours de machines et dont nous rappellerons le principe :

La puissance dynamique ou travail est le produit de la force par la vitesse avec laquelle cette force se déplace; si l'on conserve le produit constant, on pourra à volonté transformer la force en vitesse ou la vitesse en force et l'on obtiendra toujours la même quantité de travail. D'après cela, une poulie de grand diamètre étant actionnée directement par une machine motrice et animée d'une grande vitesse, si on la réunit par un câble métallique à une autre poulie de même diamètre, celle-ci prendra la même vitesse que la première; quelle que soit la quantité de travail à transmettre, si on adopte une vitesse de rotation assez grande, on pourra obtenir une tension du câble aussi faible que possible, et par conséquent ce câble sera léger et de petit diamètre. Ayant reçu le travail sur la seconde poulie, on dispose sur son arbre une série d'engrenages qui réduisent la vitesse dans telle mesure que l'on veut et augmentent en sens inverse les efforts transmis.

Passons maintenant à l'explication du système Agudio, système que représente la figure 4 de la planche XIV :

Au lieu du moteur unique placé au sommet du plan incliné de Liège, on a deux moteurs, l'un A placé au sommet du plan, l'autre B placé en bas; le travail, produit en A, est transmis au câble montant (*ab*) qui est animé d'une grande vitesse et conserve une tension modérée; le travail produit en B est transmis au câble descendant (*cd*), dans les mêmes conditions. Les deux câbles se continuent au delà des moteurs et se rejoignent sur des tambours tendeurs avec contre-poids, de sorte qu'ils forment un câble sans fin. Si le brin montant et le brin descendant étaient simplement attachés à un véhicule, leurs efforts, égaux et de sens contraire, s'annuleraient, ou, du moins, comme ils ne sont pas dans le prolongement l'un de l'autre, produiraient un couple horizontal de rotation. Ce couple existe bien dans le moteur Agudio, mais il est sans inconvénient à cause du faible bras de levier.

Il s'agit donc maintenant de trouver un système pour transformer le travail des deux brins du câble; l'appareil de transformation est le locomoteur qui tient lieu de locomotive et lui ressemble par ses fonctions.

Considérons le câble montant (*ab*), il vient s'engager dans la gorge de la poulie (*e*) à son point le plus bas, remonte dans cette gorge sur une demi-circonférence, revient en arrière sur la poulie *f*, égale à la première, la contourne sur une demi-circonférence, puis redescend vers le point (*b*). Sur les axes des poulies (*e*) et (*f*) sont montés des pignons dentés *i* et *k*, qui engrènent avec la roue dentée (*t*) comprise entre eux; la tension du câble est donc transmise à cette roue *t*, mais elle est amplifiée par les pignons, tandis que la vitesse est réduite au tiers ou au quart de ce qu'elle était.

Le câble descendant, tiré par le moteur B, va de (*c*) sur la poulie *f'* revient sur la poulie égale *e'* et remonte vers le sommet (*d*) du plan; sur les arbres des poulies (*e'* et *f'*) sont calés les pignons *i'* et *k'* qui engrènent avec la roue dentée *t'*; les arbres *ii'*, *kk'*, *tt'* sont en deux moitiés séparées, et ces deux moitiés tournent en sens contraire.

Ainsi, tout le travail moteur est transporté sur les deux demi-arbres *t*, *t'*; ceux-ci le transmettent au faux essieu (*ss'*) au moyen de bielles et de manivelles dirigées en sens inverse l'une de l'autre. L'arbre oscillant (*ss'*) actionne au moyen de bielles et manivelles extérieures placées dans des plans verticaux les quatre roues porteuses *u* du locomoteur; il actionne en outre, au moyen de deux bielles inclinées et de bielles d'accouplement les six roues horizontales *v* entre lesquelles est pincé le rail central.

La voie est identique à la voie Fell représentée par la figure 3 planche XIV. Ainsi, l'adhérence comprend : celle qui est due au poids même du locomoteur (environ 12 tonnes), et l'adhérence variable dépendant de la force avec laquelle les roues horizontales sont pressées contre le rail central.

Ainsi on peut, théoriquement, produire avec un locomoteur de faible poids, une adhérence égale et même supérieure à celle des plus grosses locomotives; pour utiliser cette adhérence et traîner des trains pesants, il suffit de transmettre par l'intermédiaire des deux câbles un travail suffisant.

Le brin descendant est moteur comme le brin montant, ce qui permet déjà de réduire de moitié la section du câble qu'aurait exigée la traction directe; en outre, la vitesse est réduite par les engrenages, et on arrive facilement à produire le même travail que dans la traction directe avec une tension du câble dix fois moindre : seulement la vitesse de ce câble est dix fois plus grande.

Le câble a une section dix fois moindre, il est donc léger et flexible et passe facilement dans les courbes, où on le dirige au moyen de poulies horizon-

tales, tandis qu'en alignement droit on le soutient sur des poulies verticales.

Pour réduire le frottement des tourillons de ces poulies, on les fait reposer sur d'autres poulies croisées, analogues à celles de la machine d'Atwood, et ayant pour but de remplacer le frottement de glissement par le frottement de roulement.

La figure 5 de la planche XIV représente le locomoteur en élévation. Le câble (*a*) vient s'enrouler sur la poulie (*ee*) passe sur la poulie *ff* et s'en va en *b*; *i* et *k* indiquent les pignons engrenant avec la roue *t* montée sur l'arbre, α; cet arbre agit par la bielle *m* et la manivelle *n* sur le faux essieu B, qui prend un mouvement d'oscillation; la bielle *p* actionne la roue porteuse (*u*) d'arrière et celle-ci est couplée avec la roue porteuse *u* d'avant au moyen de la bielle *q*. Le mécanisme des roues horizontales n'est pas visible.

rx représente le rail central posé sur longrines; en *q* est une manivelle agissant sur les mâchoires *v* qui embrassent le rail central et qui font, à l'occasion, office de frein puissant. Le levier *y* permet de désembrayer la roue dentée et les pignons et d'arrêter la transmission du travail moteur.

A l'origine, M. Agudio n'avait pas adopté le rail central; les roues horizontales (*v*) étaient remplacées par des tambours verticaux sur lesquels s'enroulait un câble toueur; le mouvement de progression était analogue à celui des bateaux de touage. La combinaison du système Fell et du système Agudio a réalisé un sérieux perfectionnement et a augmenté la sécurité.

M. Agudio se sert de câbles en acier pesant 1 à 2 kilogrammes par mètre courant et travaillant à 18 kilogrammes par millimètre carré ($\frac{1}{8}$ de la charge de rupture). Le câble marche à une vitesse de 16 à 20 mètres par seconde. On remorque facilement des convois de 100 tonnes utiles sur des rampes de $0^m,1$, et, dans les montagnes, on peut demander le travail moteur aux puissantes chutes naturelles non utilisées.

En résumé, le système paraît éminemment propre à l'exploitation des grandes lignes, franchissant les montagnes; il a été favorablement accueilli par les ingénieurs les plus compétents, tels que M. Couche; on ne saurait méconnaître qu'il est fort ingénieux et très-satisfaisant au point de vue théorique. Il présente cependant une certaine complication qui effraye et il faut attendre que l'expérience ait prononcé d'une manière définitive.

5° TRAMWAYS.

Les tramways, ou chemins de fer avec rails peu ou point saillants, paraissent aujourd'hui en grande faveur.

Ils ne sont autres cependant que les chemins de fer primitifs des houillères, et ils ont le sort de beaucoup de choses anciennes qui reviennent au jour à un moment donné et qu'on présente comme des nouveautés.

Au chapitre Ier de ce traité, nous avons décrit les chemins en usage dans les houillères d'Angleterre au siècle dernier; ces chemins, avec rails en fonte, sont les ancêtres de nos tramways actuels, qui leur ressemblent en plus d'un point. En général, on donne aujourd'hui le nom de *tramways* aux chemins de fer établis sur les routes, que le rail soit saillant ou non.

Premiers chemins de fer en Europe. — Les premiers chemins de fer établis en Europe furent à traction de chevaux.

En France, la ligne de Saint-Étienne à Andrézieux et à Roanne, créée vers 1830, suivait les pentes naturelles du terrain et présentait des courbes uniformes de 100 mètres de rayon ; on ne supposait pas que le service dût jamais s'y faire autrement que par les chevaux, aussi bien pour le transport des charbons que pour celui des voyageurs. Les locomotives n'y apparurent sur certaines sections qu'en 1833.

De même les premiers chemins de fer d'Autriche, décrits par M. Lalanne dans les *Annales des ponts et chaussées de* 1839 et représentés par les figures 17 et 18 de la planche XIX, étaient à traction de chevaux. Ils mettaient en rapport la Bohême et ses mines avec le cœur de l'archiduché d'Autriche. Ces chemins étaient à une seule voie, avec gares d'évitement placées de distance en distance, et se composaient de longrines de bois recouvertes de bandes en fer forgé qui y étaient fixées par des clous. Ces longrines de $0^m,20$ d'équarrissage reposaient sur des traverses de $1^m,84$ de longueur et de $0^m,20$ d'équarrissage, espacées de $1^m,90$ d'axe en axe et s'appuyant sur un massif de maçonnerie à pierres sèches de $0^m,25$ d'épaisseur. La largeur de la voie était de $1^m,10$.

Sur la ligne de Budweis à Linz, construite de 1825 à 1832, un seul cheval suffisait pour traîner un poids net de 4700 kilogr., tandis qu'il ne pouvait tout au plus que traîner 675 kilogr., ou sept fois moins, sur la route impériale ; encore était-on obligé de relayer plusieurs fois pour le même trajet.

Le prix de revient de ces chemins de fer était de 116,000 fr. par lieue, et l'on reconnaissait bien leur énorme supériorité sur les routes ordinaires.

Chemin de fer dit américain. — En 1853, M. Loubat fut autorisé à établir sur le Cours-la-Reine, à Paris, un chemin de fer à traction de chevaux, lequel a été depuis prolongé jusqu'à Versailles, et existe encore aujourd'hui.

Il était construit dans les mêmes conditions que les chemins de fer des rues de New-York, représentés par les figures 1 à 5 de la planche XVII, et dont voici la description :

Le rail en fer à ornière (fig. 1) repose sur des longrines en bois et est fixé par des chevilles inclinées en fer. Les longrines sont supportées par des traverses en chêne espacées de $1^m,25$ et enfouies dans une couche de béton que recouvre un pavage posé sur sable.

La largeur de voie est de $1^m,435$.

Les courbes ont un rayon qui descend jusqu'à 20 mètres; mais alors le rail intérieur est creux avec une ornière très-accusée pour maintenir les roues qui le suivent, tandis que le rail extérieur est plat (fig. 4 et 5).

Le chemin de fer américain de Paris (système Loubat) est représenté par les figures 6 et 7. Les courbes ont au moins 50 mètres de rayon; les rails creux sont cloués sur des longrines encastrées et retenues au moyen de coins en bois dans des traversines distantes de 2 mètres d'axe en axe, et le tout est enterré dans du gravier ou du sable bien bourré.

Les rails sont au niveau de la chaussée ; ils ont 6 mètres de longueur et pèsent 20 kilogr. le mètre courant. On remarquera la forme particulière des chevillettes destinées à être enfoncées sur le côté du rail et à se diriger néanmoins vers la partie centrale de la longrine.

Sous les joints des rails on a placé des plaques de fer de $0^m,15$ de longueur et de $0^m,01$ d'épaisseur. Malgré les rampes qui existent sur le parcours du trajet, un cheval traîne sans peine à la vitesse de 10 kilom. à l'heure 35 à 40 voyageurs.

Le prix de revient du mètre courant de voie ferrée simple sur chaussée empierrée est revenu à 27 francs.

Expériences sur le tirage. — Des expériences sur le tirage des voitures du chemin de fer américain ont été exécutées en 1857 par M. Tresca.

La partie posée sur macadam a toujours donné lieu à plus de tirage que la partie posée sur pavé. L'augmentation est à peu près d'un quart lorsqu'on passe du pavé à l'empierrement; elle s'explique par la présence de la boue et de la poussière qui s'accumulent dans l'ornière du rail et qui sont écrasées et broyées au passage.

Si l'on fait abstraction de la résistance due à la pesanteur et qu'on la retranche des nombres obtenus, on trouve que le rapport du tirage à la charge augmente notablement avec l'inclinaison. Cela tient, dit M. Tresca, à ce que la charge tend constamment à descendre en sens inverse du tirage par le fait même d'une forte inclinaison; un certain recul se produit entre les coups de collier et il en résulte une perte de travail qui se manifeste sur le tirage.

En charge normale, le tirage a été de :

	$8^k,5$	par tonne avec rail posé sur le pavé,		
	$10^k,5$	—	—	macadam,
soit en moyenne	$9^k,5$	—	—	

La traction est donc réduite au tiers de ce qu'elle serait sur une bonne route ordinaire.

Les frottements des boudins des roues dans les ornières des rails doivent être pour beaucoup dans la valeur du tirage; en supprimant un des boudins, on est arrivé à réduire le tirage, mais la direction n'était pas suffisamment maintenue.

Nouveaux tramways. — On est généralement d'accord pour donner aux tramways une largeur de voie supérieure à $1^m,50$, afin de permettre à deux chevaux de circuler de front entre les rails.

Le rail Loubat présente une ornière trop étroite, et ce fait entraîne une augmentation de tirage en même temps qu'il rend le passage en courbe plus difficile et détermine une usure plus rapide des bandages.

La voie Bazaine, figure 8, a pour objet de parer à cet inconvénient : l'ornière est large et évasée, de sorte que les frottements sont atténués et qu'il est très-facile aux véhicules de sortir de la voie, lorsque cela est nécessaire : on remarquera que le rail est fixé à la longrine par une chevillette médiane, dont la tête affleure le fond de l'ornière du rail; il y a un inconvénient à cette disposition : l'eau pluviale coule le long de la chevillette et pénètre la longrine qui doit pourrir plus vite.

Le rail Bazaine ne pèse que 14 kilogrammes au mètre courant : deux rails consécutifs sont reliés entre eux par des selles courbes.

Les voies américaines, système Loubat, coûtent aujourd'hui 20,000 francs par kilomètre avec rails de 19 kilogrammes, et il faut évaluer à 2,400 francs les frais annuels d'entretien et de renouvellement.

Dans son *Rapport de mission aux États-Unis d'Amérique*, M. Malézieux examine les chemins de fer des rues qui sillonnent les grandes villes de l'Union. Nous lui empruntons la figure 20 de la planche XIX, représentant en coupe transversale l'une de ces voies : on se sert de rails plats fixés sur longrines, avec rebords légèrement saillants à l'intérieur de la voie. Les voitures ordinaires ont la faculté de circuler sur ces rails, ce qui est précieux pour elles, mais elles doivent se déranger à l'approche des cars.

L'organisation des chemins de fer des rues est trop bien comprise en Amérique pour que nous ne reproduisions pas ici la description qu'en donne M. Malézieux;

on y trouvera plus d'un détail intéressant, que, malheureusement, le caractère français ne permettrait pas toujours d'imiter :

« **Matériel roulant.** — Les voitures désignées sous le nom spécial de *street cars* (wagons des rues) ont de 5 à 8 mètres de longueur, y compris les deux paliers extérieurs qui se trouvent symétriquement aux extrémités, protégés par des auvents. La largeur intérieure est de 2 mètres environ, de sorte qu'entre les deux rangées de personnes assises, il reste un passage libre de $0^m,60$ environ. Le toit présente, comme celui des wagons ordinaires, un surhaussement central qui permet qu'on s'y tienne sans difficulté debout avec un chapeau ; cela fournit en même temps le moyen d'aérer sans établir de courants d'air gênants. Il n'y a pas d'impériale. Les deux portes sont à coulisses. Le plancher, placé immédiatement au-dessus des essieux, n'est guère qu'à $0^m,40$ au-dessus du sol, d'où résulte une grande stabilité du véhicule. Les roues sont en fonte ; elles ont de $0^m,60$ à $0^m,75$ de diamètre ; elles montent sous les banquettes et se trouvent en partie masquées. La caisse s'étend en dehors par un encorbellement ; elle repose sur les boîtes à graisse par l'intermédiaire de huit ressorts en caoutchouc vulcanisé de 10 à 12 centimètres de diamètre sur 15 de hauteur. Les plaques de garde sont en fonte.

« Chacun des paliers extérieurs présente un crochet pour l'attelage et la manivelle d'un frein.

« Les voitures peuvent contenir, suivant leurs dimensions, de 18 à 28 personnes commodément assises. Mais il n'y a pas d'appuis séparatifs, et, en cas de besoin, on se serre davantage. On peut d'ailleurs, comme nous l'avons dit, se tenir debout dans le couloir ; des poignées de cuir pendantes, fixées à une barre longitudinale, permettent de rester aisément en équilibre malgré les changements d'allure du car ; deux personnes peuvent se tenir ainsi de front. On peut également rester debout sur les paliers extérieurs. Plus d'une fois, nous avons vu ainsi de 40 à 45 personnes sur une même voiture.

« Les voitures, peintes en jaune clair, sont traînées par deux chevaux ou par un seul, suivant leurs dimensions, et ces chevaux sont généralement de petite taille et de médiocre valeur. L'un d'eux porte une clochette au cou. Il n'y a ni flèche ni brancard, les chevaux n'ayant jamais à retenir la voiture : c'est au moyen du frein que le cocher la retient ou l'arrête. On y trouve le double avantage de ménager les chevaux et d'arrêter d'une façon plus rapide et plus sûre. Debout sur le palier d'avant et tenant les rênes de la main gauche, le cocher a la main droite toujours posée sur la manivelle du frein.

« Les deux barres sur lesquelles les deux chevaux tirent respectivement sont fixées chacune par un bout de chaîne à l'extrémité d'une barre centrale qui s'accroche à la voiture. Le changement de chevaux s'opère sans que la voiture ait à s'arrêter complétement : le cocher décroche, et un homme aposté fait tourner les chevaux sur l'un des côtés de la voie ; la voiture continue doucement, en vertu de sa vitesse acquise, jusqu'à ce qu'elle atteigne les chevaux frais préparés sur la voie même ; le garçon d'écurie qui les tient met le crochet et jette les rênes au cocher.

« Une courroie aboutissant à deux timbres placés sur les paliers (car il faut que la voiture soit symétrique) permet au conducteur, debout à l'arrière, ou à un voyageur quelconque d'avertir le cocher pour faire arrêter la voiture.

« **Exploitation.** — Un signe fait au cocher suffit pour que la voiture s'arrête ; mais le conducteur est spécialement chargé de veiller aux signaux qui peuvent être faits de l'extérieur. On peut généralement entrer dans la voiture ou en des-

cendre par devant ou par derrière; cependant, à Philadelphie et à Boston, l'accès d'arrière est seul autorisé : il est affranchi de tout danger et parfaitement commode.

« Il monte autant de monde dans les voitures que celles-ci en peuvent matériellement contenir, debout ou assis. Souvent un voyageur qui arrive, entrevoyant la possibilité de s'asseoir à moitié entre deux autres, s'y installe comme il peut, et les deux voisins s'y prêtent en se gênant. Les gens qui se tiennent debout gênent nécessairement les autres, surtout quand ils sont nombreux; cependant personne ne réclame, personne ne se plaint : ni les voyageurs admis en dernier lieu et qui sont enchantés de partir, même debout, à l'heure des affaires, à l'heure de l'encombrement, — ni la compagnie des omnibus, pour laquelle ces recettes supplémentaires sont un bénéfice net, — ni enfin les personnes assises, qui comprennent qu'elles-mêmes profiteront un autre jour de l'indulgence des premiers occupants.

« Ces faits de tolérance réciproque, — qu'on les explique par l'intérêt bien entendu ou par des sentiments de charité chrétienne, — se rencontrent à chaque pas aux États-Unis. De telles mœurs simplifient beaucoup les difficultés d'organisation et de réglementation.

« **Perception.** — En général, c'est le conducteur qui est chargé de la perception du prix des places. Cependant nous avons vu à Washington des wagons de rue sans conducteur, où cette partie du service était dévolue au cocher.

« Généralement aussi la perception s'opère sans moyens de contrôle apparents; mais il n'en est pas ainsi à San Francisco. Là le conducteur est muni d'une provision de billets comprenant une souche et 4 numéros d'ordre. Chaque billet est valable pour 4 places, et le voyageur trouve un avantage pécuniaire à en prendre. En le lui remettant, le conducteur détruit le n° 1, et le billet, ainsi raccourci, demeure valable pour trois autres courses. Le conducteur étant tenu de représenter les billets qui lui ont été confiés ou l'argent qui lui a été remis en échange, il n'y a pas d'erreur ou de fraude possible. — Ces billets à souche sont de petits cartons de 0m,035 de longueur sur 0m,006 de largeur.

« Le mode de perception usité à Washington est plus original. Le cocher vous remet ou vous fait passer, contre votre argent, un jeton ou *chèque* en cuivre, analogue à ceux qui servent pour l'enregistrement des bagages sur les chemins de fer ordinaires et que vous devez déposer à l'instant même dans une sorte de tronc vitré placé près du cocher. Le bruit que fait le jeton en tombant avertit le cocher (qui a le dos tourné) que vous êtes en règle vis-à-vis de lui. Si vous tardez soit à lui faire parvenir le prix de la place, soit à faire le dépôt du *chèque*, il appelle votre attention par deux ou trois coups de timbre. Il va sans dire que, pour prévenir toute confusion, il est nécessaire que chacun paye au moment même où il entre dans la voiture. On entre bien souvent par l'arrière sans que le cocher s'en aperçoive et on pourrait sortir de même. Mais soit par honnêteté pure et simple, soit par l'effet d'un contrôle mutuel dont tous les voyageurs sentent la nécessité, on ne paraît pas se préoccuper de ce genre de fraude possible. — Nous avons dit que le cocher est ici l'unique agent du service. On a pensé qu'en pratique il n'y pourrait pas suffire si on ne lui épargnait pas l'embarras de rendre aux voyageurs le surplus de la monnaie qu'on lui donne. Voici comment on a résolu la difficulté. On a préparé dans de petits paquets cachetés le complément à rendre sur des pièces ou billets (*greenbacks*) de 10 cents, de 25 cents, de 50 cents, de 1 et de 2 dollars, en plaçant le jeton sous la même enveloppe. Le voyageur ouvre le paquet et ne dépose son jeton qu'après avoir

vérifié la monnaie qu'on lui rend. Les paquets, dont le contenu est indiqué extérieurement en grosses lettres, sont placés dans une pochette de cuir suspendue près du cocher.

« **Prix des places.** — Nous avons payé pour le prix des places 6 cents à New-York, 7 à Philadelphie, 7 et 8 à Washington, 7 à San-Francisco. Ce prix allait être réduit à 5 cents à New-York. Pour apprécier la valeur relative de ces nombres, il faut se souvenir que le salaire des ouvriers est aux États-Unis plus que double de ce qu'il est en France ; 7 cents à Philadelphie, c'est à peu près 3 sous à Paris.

« **Précautions contre les accidents.** — Une lampe placée dans la cloison d'avant des cars en éclaire parfaitement l'intérieur et rend la voiture bien visible du dehors : mais elle n'éclaire pas la voie en avant, et il n'est pas rare, dit-on, que dans les soirées obscures on écrase des ivrognes étendus en travers des rails. Des accidents plus regrettables atteignent les enfants qui s'oublient à jouer dans les rues. A Boston, les *cars* sont tenus d'aller au pas dans le voisinage des écoles publiques à l'heure de la sortie des élèves. Une ordonnance municipale de Philadelphie prescrit de limiter dans tous les cas la vitesse à 10 kilomètres par heure, mais nous croyons qu'en général elle ne dépasse pas 8 kilomètres. Dans l'intérieur des villes, l'allure de ces grandes caisses, qui semblent glisser silencieusement à la surface du sol, est des plus pacifiques.

« Les rues centrales de Philadelphie n'ayant qu'une douzaine de mètres de largeur, on n'y a généralement établi qu'une seule voie de fer : deux rues parallèles et voisines servent l'une pour l'aller, l'autre pour le retour. »

CHAPITRE V

GARES ET STATIONS. — ANNEXES DE LA VOIE. — NOTIONS SUR LE TRACÉ, L'EXPLOITATION ET L'ENTRETIEN DES CHEMINS DE FER

1. GARES ET STATIONS.

Nombre de voies. — Les lignes à voie unique se multiplient de jour en jour; elles conviennent parfaitement à tous les chemins d'intérêt local.

La voie unique, avec une exploitation bien organisée, peut même desservir un trafic considérable et donner un produit brut atteignant quarante à cinquante mille francs par kilomètre. La ligne du Midi a longtemps été exploitée dans ces conditions.

Lorqu'une ligne est appelée à un certain avenir et que cependant on ne prévoit pas un développement immédiat du trafic, on ne pose qu'une voie mais on achète les terrains et on construit les ouvrages d'art pour deux voies; de la sorte on ménage l'avenir, sans trop charger le présent.

La double voie convient à toutes les lignes principales : les trains prennent toujours la voie qui est à leur gauche dans le sens du mouvement. La puissance de trafic de la double voie est très-considérable, puisque les trains peuvent se suivre à des distances très-rapprochées pourvu que l'on dispose d'un système de signaux bien organisé.

Cependant, cette puissance n'est pas illimitée, et l'adjonction d'une troisième voie, réservée par exemple aux trains de marchandises, réaliserait une amélioration sérieuse sur quelques lignes, particulièrement encombrées.

Gares de voie unique. — Sur une ligne à voie unique, on peut adopter des haltes ou des stations.

La halte n'a pas toujours de voie de garage, elle est accompagnée d'un abri ou d'une maison de garde, il n'y a pas d'installations pour les voyageurs ni pour les marchandises; l'arrêt y est aussi court que possible. Toutefois, on ne crée guère de halte sans lui adjoindre une voie de garage, qui peut, en certains cas, rendre de précieux services.

Une station ordinaire de chemin à une voie prend généralement la disposition représentée par la figure 1 de la planche XVIII.

La voie unique étant représentée par (*ab*), on crée en face de la station une seconde voie assez étendue pour contenir le train le plus long; cette seconde voie permet le croisement et reçoit les trains venant de *b* vers *a*, toujours d'après le principe que les trains prennent leur gauche.

En *s* est la station des voyageurs; en A l'abri des vovageurs attendant le train allant de *a* vers *b*; à cet abri sont adjoints d'ordinaire des latrines, un magasin, etc.

La halle des marchandises est en M; devant son quai est une voie parallèle à *ab*, et raccordée à celle-ci par des lignes à double courbure *ef*, *gh*.

On comprend sans peine comment se fait la manœuvre des trains qui presque toujours sont des trains mixtes : les voitures de voyageurs sont en queue; soit un train venant de *a*, on laisse les voyageurs en A, la machine entraîne ses wagons de marchandises, dépasse l'aiguille (*e*) et vient prendre en *f* les wagons chargés, qu'elle ramène par le même chemin à l'avant des voitures de voyageurs; puis elle recommence la même manœuvre pour refouler sur la voie (*ef*) les wagons destinés à être laissés en gare. Elle revient en tête de son train et se remet en marche.

Si le trafic a une certaine importance, on dispose plusieurs voies de garage parallèles à M et partant du tronc commun *ef*; on les réunit par une batterie de plaques tournantes.

La disposition précédente a un inconvénient; les trains venant de *a* prennent en pointe l'aiguille *g*. On peut éviter cette circonstance en supprimant le raccordement *gh* et adoptant une voie *ik*, indiquée en pointillé sur la figure 1 ; quelquefois, toutes ces voies de garage subsistent simultanément.

Nous n'insisterons pas sur les diverses combinaisons qu'il est possible d'adopter; le lecteur les imaginera sans peine, et en trouvera partout de nombreux exemples.

Gares de chemins à double voie. — Soit une ligne à deux voies *ab*, *cd*, la gare la plus simple ne comprendra pas de service de marchandises, mais seulement une station S et un abri A pour les voyageurs prenant les trains de la direction *ab* (fig. 2 pl. XVIII).

Les voies annexes comprendront :

1° La ligne à double courbure *ef* qui relie les deux voies principales.

2° La ligne (*gh*) servant au garage des trains qui suivent la voie (*ab*) et qui doivent laisser la voie libre à d'autres trains de marche plus rapide.

3° La ligne *ik*, servant au garage des trains qui suivent la voie *dc*.

On remarque qu'aucune aiguille n'est prise en pointe.

Lorsqu'un service de marchandises est annexé au service de voyageurs, et c'est le cas ordinaire, on adopte des dispositions variables suivant le terrain dont on dispose, suivant l'importance et le sens de la circulation.

Ainsi, figure 3 planche XVIII, le bâtiment des marchandises étant en M, on détachera de la voie *ab* une ligne *gh*, sur laquelle prendront naissance, en plus ou moins grand nombre, des voies qui sont presque toujours parallèles à la voie principale, mais qui, en réalité, peuvent avoir une direction quelconque suivant l'emplacement dont on dispose.

Une voie de manœuvre *ik* est aussi détachée de la seconde voie (*cd*) et elle est réunie au bâtiment des marchandises M par une batterie de plaques tournantes.

Gare de Mâcon. — Ce serait sortir du cadre qui nous est imposé que de décrire un grand nombre de gares. Nous nous conterons de deux exemples : la gare de Mâcon et la gare d'embranchement de Mouchard.

La gare de Mâcon est représentée par la figure 9 de la planche XVII; les deux voies principales sont écartées l'une de l'autre, de manière à encadrer deux autres voies supplémentaires et à réserver entre toutes ces voies un espace

suffisant pour la circulation; quatre trains peuvent donc stationner à la fois dans la gare.

La gare des voyageurs est à gauche, du côté de la ville, et la remise des voitures est à droite.

A droite, on trouve aussi une remise pour douze machines accompagnée d'un atelier, une rotonde pour seize machines, le quai à coke avec des grues hydrauliques et des fosses à piquer le feu, un réservoir, un bureau pour le service de la voie avec un magasin.

Il est facile de suivre sur la figure tous les mouvements des machines depuis le dépôt jusqu'à l'une ou à l'autre des voies et inversement.

La gare des marchandises est à gauche, et les voies de garage sont réparties à gauche et à droite des voies principales; elles sont réunies par des batteries de plaques tournantes.

Gare de Mouchard. — La gare d'embranchement de Mouchard est représentée par la figure 5 planche XVIII.

La ligne principale de Dôle à Salins, est à double voie, et les voies de service pour les marchandises, les manœuvres des locomotives, le dépôt des machines, etc., sont distribuées à droite et à gauche de la ligne principale.

De celle-ci se détache, par une double voie qui ne tarde pas à se réduire à une seule, la ligne de Lons-le-Saulnier.

La gare des voyageurs est placée dans l'angle aigu de la bifurcation; elle est desservie par une rampe d'accès la raccordant avec la route nationale n° 72, de Dijon à Pontarlier; cette route passe sous la ligne de Lons-le-Saulnier et sur la ligne de Salins.

Cette disposition a un avantage; les voyageurs, pour gagner leurs trains respectifs, n'ont pas de voie intermédiaire à traverser, mais le service des marchandises devient difficile et on ne peut arriver à bien disposer les voies de service.

Aussi, renonce-t-on à ce genre de gare dans la plupart des cas, et on adopte une gare ordinaire dont les éléments sont répartis à droite et à gauche du tronc commun vers l'origine de la bifurcation; les voyageurs sont souvent forcés de traverser des voies intermédiaires, mais les manœuvres des trains de marchandises sont beaucoup plus commodes.

Gares de tête. — Les voies ferrées qui desservent les grandes villes doivent pénétrer vers le centre aussi profondément que possible; ce principe a été observé en Angleterre et en Amérique, même au prix de grands sacrifices. A Paris, nous ne l'avons pas suffisamment observé et chaque jour on reconnaît les inconvénients de nos grandes gares, reléguées à la périphérie de la ville.

Le service des voyageurs seul pénètre dans les villes; on place au dehors les gares de marchandises qui exigent un immense emplacement.

La disposition ordinairement adoptée pour les gares de voyageurs · c'est le fer à cheval entourant l'extrémité des voies. Du côté de la voie de départ et parallèlement à cette voie, on place les bâtiments des voyageurs, des bagages, des messageries, de la poste; en face, du côté de l'arrivée, on trouve les salles de distribution des bagages, les magasins, les bureaux d'octroi, bureaux de surveillance, etc... En tête, et pour réunir les deux branches du fer à cheval, on placera par exemple les bâtiments de l'administration centrale et de ses dépendances.

Ce système est rationnel et permet aux voyageurs de faire le moins de chemin possible ; il n'est pas commode pour les départs simultanés.

Lorsque de nombreux trains doivent partir presque en même temps, comme à la gare Saint-Lazare (chemin de fer de l'Ouest, Paris), la manœuvre est plus facile si l'on place le bâtiment des voyageurs en tête de la ligne, normalement aux voies ; il est vrai que les voyageurs ont à effectuer un plus grand parcours, mais ils n'ont pas de voies à traverser si l'on a soin de multiplier les quais de départ.

Les gares de marchandises sont, avons nous dit, placées en dehors des gares à voyageurs, elle se raccordent aux voies principales et présentent des voies de garage parallèles à celles-ci. Autrefois, on disposait normalement aux voies de garage des voies de triage et de manutention, bordées par des halles couvertes ou par des voies charretières accessibles aux voitures ordinaires ; mais ce système amenait de la confusion en cas d'encombrement, les wagons devaient être poussés à bras sur une ou plusieurs plaques tournantes, ce qui entraînait de grosses pertes de temps.

Aujourd'hui toutes les voies sont parallèles ou concourantes en forme d'éventail et l'on demande à la locomotive d'exécuter le plus possible de manœuvres. Entre les voies parallèles sont disposées des voies charretières pour l'accès des véhicules ordinaires, ou des hangars pour le dépôt des marchandises.

DÉPENDANCES DES GARES ET STATIONS.

Fosses à piquer le feu. — On désigne sous le nom de fosses à piquer le feu, les fosses placées sous la voie au point où les machines s'arrêtent d'ordinaire, c'est-à-dire en face des grues hydrauliques. En descendant dans ces fosses, on peut visiter le dessous des machines, graisser et nettoyer certains organes ; on profite généralement de l'arrêt pour nettoyer la grille et le cendrier.

Dans les dépôts et ateliers, ces fosses sont indispensables pour le montage et les réparations des machines et on leur donne la plus grande dimension possible. Elles reçoivent l'eau qui s'écoule de la chaudière lorsqu'on la vide, et le combustible qui tombe du foyer lorsqu'on veut l'éteindre.

En voie ordinaire, on doit limiter la largeur des fosses afin de ne pas nuire à la solidité ; les rails y sont posés sur longrines qui s'appuient au milieu de deux murs latéraux. La fosse a $1^{m},25$ de profondeur ; elle est terminée par un radier concave ou convexe qui communique avec un égoût par lequel les eaux s'en vont ; le radier concave se prête mieux à l'écoulement des eaux, mais le radier convexe permet aux mécaniciens de circuler dans la fosse sans se mouiller les pieds.

Il y a au moins un escalier placé en tête de la fosse ; quelquefois on trouve un escalier à chaque bout.

Une fosse de 12 mètres de longueur coûte de 400 à 500 francs.

Les fosses sont dangereuses pour les personnes qui circulent dans les gares ; elles doivent donc être l'objet d'une surveillance assidue et être placées pendant la nuit sous la lumière d'une lanterne.

Appareils d'alimentation. — Nous ne reviendrons pas sur la question du choix et la purification des eaux d'alimentation, question que nous avons traitée

avec détails aux pages 580 et suivantes de notre *Cours de machines*. Nous dirons seulement quelques mots des appareils d'alimentation.

Il est bien rare que l'on ait à sa disposition des eaux placées à un niveau supérieur à la voie et que l'on puisse amener dans un réservoir par une simple dérivation.

Généralement, il faut aller chercher les eaux dans un puits ou dans une rivière et les élever par un moyen mécanique dans un réservoir dont la hauteur au-dessus des rails soit telle qu'il en résulte une charge suffisante pour l'écoulement.

Les pompes manœuvrées à bras d'hommes ne conviennent qu'aux petites stations où peu de trains s'arrêtent pour faire de l'eau. Dès que la consommation prend un peu d'importance, on a recours à une machine à vapeur d'une force de 3 à 6 chevaux, installée dans une tour en maçonnerie qui supporte un réservoir cylindrique en tôle.

La hauteur moyenne à donner à ce réservoir et à la tour qui le supporte dépend de la distance à laquelle se trouvent les grues hydrauliques à alimenter et du diamètre des tuyaux de conduite.

Pour un tuyau de diamètre connu, on sait quelle est la perte de charge par mètre de longueur, et comme on veut un débit de un mètre cube à la minute, il faut calculer la vitesse d'écoulement et par suite la charge totale en conséquence.

Le débit d'un mètre cube à la minute est nécessaire si l'on ne veut point prolonger outre mesure la durée de l'arrêt.

Les tuyaux d'alimentation partant des réservoirs aboutissent dans des colonnes creuses en fonte ou grues hydrauliques; ces colonnes portent des tuyaux flexibles en cuir, dont l'orifice supérieur est fermé soit par une soupape à levier, soit par un robinet à vis, et c'est par ces tuyaux flexibles que l'eau arrive dans les bâches des tenders.

Dépôts des voitures et des locomotives. — Il arrive souvent que les voitures d'un train ne sont pas assez nombreuses pour contenir tous les voyageurs qui se présentent, et qu'il faut en ajouter de nouvelles; c'est généralement à l'approche des grandes villes que ce fait se produit.

De même des dépôts de locomotives sont nécessaires dans les gares où les trains prennent naissance ou meurent, et dans celles où sont établis les relais.

Les dépôts de voitures sont des halles couvertes abritant plusieurs voies parallèles sur lesquelles sont rangées les voitures des diverses classes; ces voies sont normales ou parallèles à la ligne principale, et en face d'elles se meut un chariot roulant qui vient prendre une voiture sur telle ou telle voie et vient la mettre dans l'axe de la voie de raccordement.

Si la direction des voies de dépôt et de la voie de raccordement est normale à la ligne, le chariot se meut parallèlement à celle-ci; on trouve des plaques tournantes à l'intersection de la voie de raccordement du dépôt et des voies principales, ce qui est un grave inconvénient dans des gares ordinaires.

Il vaut donc mieux placer les voies de dépôt et le hangar parallèlement à la ligne, le chariot roulant se meut alors dans une direction normale à celle-ci, et la voie de raccordement s'embranche à aiguille sur la voie principale; on évite la plaque tournante, ou tout au moins on la reporte sur la voie de raccordement où elle n'offre pas d'inconvénient et où elle permet de tourner les voitures à frein.

Les dépôts de machines ont généralement la forme de rotondes circulaires ou

polygonales, présentant une série de voies rayonnantes dont chacune porte une locomotive avec son tender; au milieu est une plaque tournante ou mieux un pont tournant qui permet de tourner à la fois la locomotive et son tender, et de les mettre en face de la voie qui raccorde le dépôt avec la ligne.

Avant de gagner celle-ci, la machine s'arrête au quai à charbon ou estacade pour compléter sa provision; à l'estacade est jointe une grue hydraulique qui lui permet de faire de l'eau pendant le stationnement.

Aux dépôts principaux de machines sont annexés des ateliers de réparation, quelquefois même de construction.

Les dépôts principaux alimentent des dépôts secondaires où l'on ne trouve qu'un nombre très-limité de machines, machines de secours ou de renforts; dans ces dépôts, les machines se trouvent sur deux ou trois voies parallèles raccordées avec la ligne principale par une voie unique.

Il existe encore de nombreuses dépendances des gares et stations, telles que: bureaux de la voie, lampisterie, latrines, urinoirs, etc., dont la description détaillée nous entraînerait trop loin.

ANNEXES DE LA VOIE.

Clôtures. — L'annexe la plus importante de la voie, c'est la clôture; on sait que sur toutes les lignes d'intérêt général les clôtures sont exigées; sur les lignes d'intérêt local, l'absence de clôture peut être tolérée. En fait, les préfets désignent les parties sur lesquelles des clôtures devront être établies.

Il est inutile d'insister sur l'avantage des clôtures au point de vue de la sécurité publique; cet avantage est faible sur les lignes peu fréquentées et parcourues à petite vitesse, et, en supprimant les clôtures, on réalise une économie sensible qu'on peut évaluer à 3,000 francs au moins par kilomètre.

La clôture usuelle, c'est la haie vive; suivant les prescriptions du droit commun, la haie vive doit être plantée à $0^m,50$ de la limite des propriétés voisines, afin de ne pas empiéter sur celles-ci lorsqu'elle aura pris du développement.

C'est l'aubépine dont on se sert presque partout pour constituer les haies; elle convient à tous les terrains, si ce n'est aux terrains salants, et elle supporte sans trop souffrir des tailles répétées; en même temps, elle ne tarde pas à constituer une barrière solide.

On peut constituer des haies avec d'autres essences que l'épine : l'orme par exemple; en croisant et entrelaçant les branchages, on arrive à obtenir des clôtures solides et élégantes, quoique minces.

La conservation des haies dépend de leur bon entretien; elles doivent être chaque année labourées et binées; la tonte annuelle est nécessaire aussi pour leur conserver leur forme et leur épaisseur réglementaires.

Les Compagnies de l'Est et du Midi ont payé $0^f,80$ à $0^f,85$ pour la fourniture, la plantation et l'entretien pendant dix ans d'un mètre courant de haie vive.

La Compagnie de l'Ouest n'a payé que $0^f,60$ avec l'entretien pendant huit ans et la Compagnie du Nord $0^f,55$ avec l'entretien pendant six ans.

Avant que la haie ne soit arrivée à croissance suffisante, il faut la protéger par une clôture sèche qu'on place à la limite du chemin de fer et des propriétés riveraines. On se sert, à cet effet, de clôtures en échalas et plus souvent en treillage; le treillage se compose de lattes verticales réunies en haut et en bas par

des lattes horizontales et reliées dans l'intervalle par deux ou trois cours de fils de fer; le treillage est fixé sur des pieux généralement espacés d'un mètre. Il se transporte en rouleaux de dix mètres.

On peut établir un treillage au prix de $0^{f},85$ le mètre courant, mais il est plus prudent de compter sur $1^{f},25$.

On a quelquefois constitué des clôtures avec deux ou trois cours de gros fils de fer galvanisé portés par des piquets plus ou moins espacés ; l'inconvénient de ce genre de clôture, qui est du reste économique, c'est qu'il n'est pas suffisamment visible et n'arrête pas la vue; pour les animaux notamment, l'effet d'une clôture est plutôt moral que réel, si on peut s'exprimer ainsi.

Les clôtures en arbres fruitiers, tels que les pommiers ou les pêchers, ont été essayés sur quelques lignes; nous ne savons quels résultats elles ont donné, cependant nous croyons que le succès n'a pas été ce qu'on espérait.

Aux abords des stations, on construit des clôtures plus fortes, plus hautes, plus solides et plus élégantes, qui coûtent rarement moins de 4 à 5 francs le mètre courant.

Barrières de passages à niveau. — Les passages à niveau doivent être autant que possible évités pour les voies très-fréquentées; on ne l'a pas fait en plus d'un point, aux abords des grandes villes, et on s'en repent aujourd'hui.

Les Compagnies préfèrent, en général, établir des passages à niveau, qui ne sont pas pour elles une grande source de dépense, parce que le gardien est en même temps cantonnier; mais il faut examiner avec soin dans chaque cas s'il n'est pas possible d'établir économiquement un pont par-dessus ou par-dessous, de manière à constituer l'indépendance de la voie ferrée et de la route ordinaire.

Les anciens règlements exigeaient que les barrières des passages à niveau fussent inexorablement fermées plusieurs minutes avant l'heure réglementaire de l'arrivée des trains; si ceux-ci étaient en retard d'un quart d'heure ou d'une demi-heure, la circulation sur la route se trouvait interrompue pendant le même temps.

Une pareille situation était insupportable aux populations riveraines; heureusement la nouvelle réglementation y a mis fin, et, aujourd'hui, les gardes sont autorisés à ouvrir les barrières à chaque instant pourvu que la voie puisse être traversée avant l'arrivée des trains.

Il y a bien des types de barrières de passages à niveau :

La barrière la plus simple est une lisse horizontale soutenue par deux poteaux verticaux; elle peut se déplacer en glissant dans des étriers en fer, ou en basculant autour d'un axe horizontal porté par un des poteaux, ou encore en tournant autour d'un de ses poteaux formant axe vertical de rotation.

Cette barrière élémentaire n'est pas toujours suffisante : elle ne s'oppose pas au passage des enfants et des animaux de petite taille; néanmoins, on l'a adoptée sur bien des lignes. Le meilleur système consiste à faire basculer la lisse dans un plan vertical, parce qu'alors elle ne demande aucun espace pour se développer et n'empiète ni sur la route ni sur la voie ferrée; on peut, en outre, rendre le mouvement de bascule très-facile en plaçant un contre-poids à l'extrémité de la lisse. Un faible effort suffit alors pour ouvrir ou fermer le passage, et la manœuvre de la lisse peut s'effectuer à distance grâce à un levier et à un fil de transmission analogues à ceux qui servent à manœuvrer les disques.

C'est un grand avantage que la manœuvre des barrières à distance; il y a souvent plusieurs barrières très rapprochées, une seule est importante, et cependant on était forcé de placer un gardien à chacune, ce qui ne laissait point que

d'être onéreux pour les Compagnies. Avec la manœuvre à distance, un seul gardien suffit à deux ou trois barrières.

Il va sans dire qu'il doit, au moyen d'une sonnette à transmission, prévenir les voyageurs un peu avant l'instant où il va laisser basculer la lisse pour fermer le passage.

La manœuvre à distance, très-usitée en Allemagne, commence à se propager en France; la Compagnie de l'Est notamment l'a appliquée à des distances atteignant presque un kilomètre, mais il est prudent de se limiter à 300 ou 400 mètres, et de faire en sorte que le garde puisse apercevoir de son poste tous les passages qui lui sont confiés.

En France, les barrières les plus usitées sont à un ou à deux vantaux; le vantail unique convient aux chemins vicinaux peu fréquentés; dès que la largeur du passage atteint 7 ou 8 mètres, deux vantaux sont nécessaires.

La figure 4 de la planche XVIII représente un des deux vantaux qu'on rencontre sur un passage de 10 mètres; le cadre vertical de chaque vantail a beau être renforcé par des contre-fiches dirigées vers le poteau de soutien, ce cadre donnerait du nez et se déformerait rapidement si on ne le soutenait par un tirant en fer à serrage variable, prenant son point d'appui sur le poteau vertical, lequel plonge profondément dans le sol et est protégé contre le déversement par une sorte de bouclier ou de grillage à large base.

A côté de la barrière à voitures se trouve un portillon qui permet aux piétons de traverser la voie jusqu'au dernier moment; ce portillon est souvent disposé de telle sorte qu'il ne peut donner passage qu'à une seule personne à la fois et qu'il faut un certain temps pour effectuer ce passage; on a voulu par là mettre le piéton en garde contre sa propre imprévoyance.

Les barrières doivent autant que possible s'ouvrir du côté de la voie, sans quoi certains véhicules, qui s'approchent trop près de la barrière fermée, sont ensuite forcés de reculer; mais cette disposition a l'inconvénient d'augmenter la largeur du passage, l'emprise du chemin de fer et les déplacements du garde-barrière. Aussi lui préfère-t-on souvent la disposition qui consiste à ouvrir les barrières à l'extérieur de la voie ferrée.

Plusieurs lignes ont maintenant recours aux barrières roulantes : celles-ci sont généralement en fer; elles se composent d'une poutre en treillis très-légère, portée par deux galets roulant dans une ornière en fonte. La manœuvre est simple et ne gêne pas la circulation, mais l'effort à exercer pour déterminer le roulement est quelquefois trop considérable, lorsque l'ornière est remplie de boue ou de poussière.

Appareils divers, accessoires de la voie. — Parmi les appareils divers, accessoires de la voie, nous signalerons :

1° Les appareils de pesage, ponts bascules et bascules portatives, dont le principe est connu et que nous n'avons pas à décrire;

2° Les gabarits de chargement, dont nous avons déjà parlé;

3° Les appareils de levage, grues de toute nature, que nous avons décrits dans notre *Traité de l'exécution des travaux;*

4° Les poteaux kilométriques, en bois ou en fonte, qui sont généralement à deux faces, inclinées en sens contraire à 45° sur l'axe de la voie; sur chaque face, on marque en kilomètres la distance à la station extrême vers laquelle cette face est tournée;

5° Les poteaux ou bornes hectométriques, qui complètent les indications relatives aux distances et qui sont très-commodes pour le service de l'entretien;

6° Les poteaux indicateurs des pentes et rampes, qui se trouvent à tout changement de déclivité du profil en long ; ces poteaux portent deux plaquettes verticales, parallèles à la voie ; ces plaquettes portent la valeur des déclivités en millimètres par mètre, et elles sont inclinées dans le sens même de la déclivité, de sorte que le profil en long est, pour ainsi dire, peint aux yeux ;

7° Les heurtoirs pour voies de garage et voies terminales ; lorsqu'on dispose d'un emplacement suffisant, ces heurtoirs sont en charpente et entourés d'un massif de terre ou de maçonnerie qui en augmente la masse ; lorsque la place manque, au lieu de contrebuter les heurtoirs par un massif, on les maintient au moyen de tirants en fer qui prennent leur point d'appui sur un grillage en charpente enfoui dans le sol. Les heurtoirs pour trains de voyageurs sont généralement garnis de tampons à ressort.

NOTIONS SUR LE TRACÉ ET LA CONSTRUCTION.

Nous n'avons que peu de chose à dire sur le tracé et la construction des voies ferrées.

Tracé. — L'étude technique du tracé est analogue à l'étude d'une route : une première reconnaissance du terrain avec l'aide de la carte de l'état-major au $\frac{1}{80000}$ indique les principaux points de passage et les directions qu'il est possible de suivre eu égard aux limites qu'on s'impose pour les déclivités et les courbes.

La reconnaissance effectuée, il s'agit d'obtenir, pour l'étude définitive, un plan coté du terrain. La carte de l'état-major au $\frac{1}{40000}$ est très-commode pour cela; malheureusement elle n'est pas gravée, il faut en prendre des calques au dépôt de la guerre et cela coûte cher.

Le procédé le plus exact, avec des agents ordinaires, est de lever une ligne de base avec une série de profils en travers ; c'est encore la méthode avec laquelle on risque le moins de se tromper, mais, pour donner un relief exact du terrain, elle entraîne souvent à des opérations multipliées, elle est longue et coûteuse.

L'emploi des procédés tachéométriques, que nous avons décrits dans notre *Traité de géodésie*, est bien préférable, mais il est, croyons-nous, sujet à plus d'erreurs, à moins qu'on n'ait recours à des agents spéciaux parfaitement exercés.

Ce qui complique les études sur le terrain, c'est moins le nivellement que la mesure des distances; certains ingénieurs se servent des plans du cadastre, ils les admettent exacts et n'ont plus à effectuer que le nivellement : c'est une méthode à laquelle il ne faudrait pas accorder une absolue confiance.

Mais l'opération technique n'est pas ce qu'il y a de plus important dans l'étude d'un tracé :

Pour les grandes lignes, c'est la question commerciale qui prime tout ; il ne faut pas ménager les dépenses de construction, et on doit rendre l'exploitation aussi facile que possible en adoptant de faibles déclivités et des courbes à grand rayon. Nos lignes à grand trafic ont été construites dans ces conditions, et c'est fort heureux, bien qu'on leur ait souvent reproché d'avoir coûté trop cher : elles sont aujourd'hui capables de satisfaire une circulation qui a dépassé toutes les prévisions.

Ce qui est bon pour les lignes à grand trafic ne saurait l'être pour les lignes secondaires ; le produit y est forcément limité, et il faut s'efforcer de propor-

tionner à ce produit les dépenses d'établissement. En conséquence, on devra augmenter les déclivités et diminuer les rayons des courbes, en évitant toutefois de combiner les fortes inclinaisons et les courbes roides.

Lorsqu'il est nécessaire de créer en un point du tracé une déclivité exceptionnelle, il faut en déterminer avec soin la valeur; si on est forcé d'établir un service spécial de traction ou de recourir à la double traction, il faut utiliser complétement la force dont on dispose et donner à la déclivité toute la valeur que cette force comporte; on rend ainsi, sans inconvénients, le passage des faîtes plus facile, et on peut, dans certains cas, réaliser de grosses économies sur la construction : réduire par exemple la longueur d'un souterrain. L'application de ce principe a été faite notamment sur la ligne de Lyon à Tarare.

L'importance d'une ligne projetée se mesurant à son trafic, il faudrait d'abord calculer le trafic probable : plusieurs méthodes sont en usage pour cet objet et nous en parlerons au chapitre suivant; la plus simple, facilement applicable aujourd'hui, est de procéder par comparaison et de voir ce que donnent des lignes placées dans des conditions analogues à celles que l'on rencontre.

Il reste actuellement à construire bien peu de lignes à deux voies; tout au plus, faut-il, sur certaines sections, réserver l'avenir en achetant les terrains et construisant les ouvrages d'art pour deux voies.

L'exploitation d'une voie unique, bien ordonnée et bien comprise, peut conduire à des produits bruts de 40,000 à 50,000 francs par kilomètre, et la plupart des chemins secondaires sont fort loin d'atteindre ces chiffres.

Au point de vue de la facilité et de la sécurité de l'exploitation, il est dans les études d'un tracé quelques précautions à observer que nous avons déjà dites :

1° Les stations et les voies de garage doivent être de niveau, et, autant que possible, en un endroit découvert : une station serait avantageuse si elle se trouvait au sommet de deux pentes inverses, car cette circonstance favoriserait tout à la fois l'arrêt et la mise en marche des trains;

2° Les points d'embranchement doivent être, si c'est possible, placés dans une station principale où tous les trains s'arrêtent; les points d'embranchement sont fort dangereux à cause des croisements, et, quand on ne peut les placer dans une station, il faut au moins choisir, pour leur emplacement, un espace bien découvert, jamais en déblai;

3° Deux courbes en sens inverse ne doivent jamais se succéder, car elles augmentent le tirage et les chances de déraillement; il faut, entre les deux courbes, un intervalle qui devrait être égal à la plus grande longueur d'un train; ce principe s'applique du reste à toutes les voies de communication;

4° De même, les brisures brusques de déclivité sont inadmissibles dans le profil en long; nous avons déjà traité cette question, et nous avons montré comment on opérait les raccordements;

5° Les tranchées doivent toujours présenter une pente qui conduise rapidement les eaux à l'extérieur, afin que la voie reste saine et stable;

6° Les déclivités doivent être moins fortes en souterrain qu'à ciel ouvert, car l'adhérence est moindre dans le premier cas que dans le second, à cause de l'état gras et humide des rails.

Construction. — Tout ce qui est relatif à l'exécution des terrassements et des maçonneries se trouve dans notre *Traité de l'exécution des travaux;* la construction des ouvrages d'art de toutes natures, ponts, viaducs et souterrains, a été traitée en détail dans une autre partie du *Manuel*. Il ne nous reste donc que quelques mots à dire sur la pose de la voie.

La première opération est la préparation des traverses qui se fait à l'atelier : on commence par le sabotage.

Le sabotage des traverses pour voie avec rails à double champignon se fait à l'aide du gabarit, représenté par la figure 1, planche XIX : c'est une tringle en fer terminée par deux fourchettes planes, et à chaque fourchette est boulonné un bout de rail de $0^{m},25$ de longueur ; cet appareil est construit de telle sorte que, la tringle ou traverse étant horizontale, les deux rails se trouvent à l'écartement voulu et ont l'inclinaison voulue sur la verticale. Le gabarit étant retourné, les rails en haut, on ajuste aux deux rails les deux coussinets à appliquer sur la traverse qui est posée sur un chantier ; on fixe les coussinets avec deux coins en bois, on retourne le gabarit, on le présente à la face supérieure de la traverse, de manière à placer les deux coussinets à égale distance des extrémités de celle-ci. On fait en sorte que les coussinets reposent sur deux portions planes et bien saines de la traverse, et, s'il s'agit de traverses demi-rondes, on les entaille pour préparer une face plane, dépourvue d'aubier. Le planage s'effectue à l'herminette et doit être particulièrement soigné. Une couche de goudron est interposée entre le coussinet et son siége sur la traverse. On n'a pas besoin de donner une inclinaison à l'entaille, puisque l'inclinaison du rail sur la verticale est obtenue par la forme même de la cavité du coussinet.

Avec le rail à patin, le coussinet est supprimé ; l'inclinaison du rail sur la verticale s'obtient par l'inclinaison même de l'entaille qui reçoit le patin. Cette entaille est préparée au moyen d'un gabarit analogue à celui de la figure 2, planche XIX ; la traverse étant posée sur des longrines horizontales, on présente le gabarit à sa face supérieure, on marque par quatre traits de scie les quatre bords des entailles parallèles aux rails, puis on achève l'entaille à l'herminette, en prenant le gabarit pour guide. Nous avons déjà dit qu'il fallait ménager à l'entaille une profondeur suffisante sur les bords situés à l'extérieur de la voie, afin que la pression du patin ne fût pas capable d'écraser les fibres du bois. On a installé des machines à entailler les traverses qui ont conduit à d'excellents résultats comme perfection du travail et comme économie ; la préparation d'une traverse avec ces machines ne revient qu'à $0^{fr},08$.

L'entaillage des traverses se complète par le perçage des trous destinés à recevoir les chevillettes ou les tire-fond. Avec le rail à double champignon, on perce les trous en présentant le coussinet fixé au gabarit ; on a soin de percer ces trous bien normalement et on les enduit de goudron, ainsi que les chevillettes ou tire-fond qu'elles doivent recevoir.

Les chevillettes s'enfoncent au marteau, et il faut éviter de frapper trop fort à la fin de l'opération pour ne point faire sauter la tête de la chevillette. Les tire-fond, comme tous les boulons, sont enfoncés au moyen d'une clef à écrou.

Pour la voie à rails Vignole, on a recours au gabarit de perçage représenté par la figure 3, gabarit dont l'usage se comprend à simple inspection de la figure ; mais bien souvent le perçage des traverses pour rails Vignole se fait sur place.

Après la pose de la voie, on vérifie l'écartement des rails au moyen d'un gabarit spécial, figure 4 ; on a même, dans ces derniers temps, monté ce gabarit sur un chariot, une des extrémités du gabarit est un levier à contre-poids, qui s'appuie toujours sur la face intérieure d'un champignon ; les déplacements angulaires de ce levier sont transmis à une aiguille mobile sur un cadran, et les déviations de cette aiguille de part et d'autre de sa position moyenne indiquent, soit le rétrécissement, soit l'élargissement de la voie. Avec un appareil basé sur ce principe, on vérifie rapidement de grandes longueurs de voie.

En ce qui concerne les rails, les préparations à leur faire subir consistent en : dressage, s'il y a lieu, courbure, perçage des trous de boulons d'éclisses, lequel s'effectue généralement dans un atelier spécial; quelquefois cependant on a recours à des machines à forer portatives qui se trouvent sur les ateliers.

La plate-forme étant préparée, et le piquetage opéré conformément au profil en long, il reste à effectuer le ballastage et la pose.

Le ballastage doit s'exécuter en deux couches au moins sous les traverses, ce qui fait $0^m,10$ à $0^m,15$ par couche ; lorsqu'on dispose d'une voie provisoire ayant servi aux terrassements, on s'en sert pour amener le ballast que l'on répand sur la plate-forme ; cette manière de procéder est surtout commode pour les chemins à deux voies, et on se sert alors de wagons basculant de côté.

Mais souvent les voies provisoires ont disparu ; on établit alors sur le sol convenablement dressé la voie qui devra être définitive ; on ne la pose que sur une longueur égale à celle d'un train de ballast ; on amène le train et on le décharge entre les rails et de chaque côté, puis on bourre ce ballast sous les traverses de manière à relever la voie. Cette portion de voie relevée, on la prolonge d'une quantité égale et on amène un nouveau train de ballast ; ainsi il n'y a qu'un train qui passe sur la voie non ballastée, et c'est important, car cette voie, posée sur le sol naturel, se détériorerait rapidement. On opère avec la seconde couche comme avec la première. Il va sans dire que les traverses ont été préalablement réparties aux distances voulues.

Nous avons vu qu'il fallait prévoir les effets de la dilatation sur les rails ; lorsque plusieurs rails consécutifs sont jointifs et que la température s'élève, la file des rails est forcée de se courber en ligne convexe pour trouver son augmentation de longueur et un déraillement est à craindre. Il convient donc de ménager entre les rails un jeu à la dilatation ; on y arrive sans peine en plaçant entre eux, lors de la pose, des plaquettes de tôle ayant une épaisseur qui dépend de la température du moment, et qui varie de $0^m,001$ (température de 40°) à $0^m,003$ (température de 0°).

Dans les courbes, l'élargissement de la voie et le surhaussement du rail extérieur s'obtiennent au moyen de jauges spéciales qu'il est facile de se représenter.

Entretien. — L'entretien comprend : l'entretien des ouvrages d'art qui consiste surtout en rejointoiements, celui des talus et fossés qui n'offre rien de spécial et l'entretien de la voie proprement dite.

D'abord il faut, autant que possible, maintenir la surface du ballast bien nette et dépouillée de toute végétation ; on a soin aussi de lui conserver un profil transversal favorable à l'écoulement des eaux.

Au bout d'un certain temps, si on ne touchait pas aux traverses, elles se déplaceraient sous l'influence des oscillations et des chocs qu'elles éprouvent ; notamment elles basculeraient autour de leur axe longitudinal et refouleraient le ballast latéralement ; quelquefois une extrémité serait encore bourrée, que l'autre ne le serait plus. Il est nécessaire à la sécurité de l'exploitation que l'on soutienne sans cesse le rail et qu'on le ramène à sa position normale dès qu'il tendrait à s'en écarter.

C'est par le bourrage du ballast sous la traverse qu'on arrive à lui rendre son assiette ; il faut éviter de bourrer à la partie centrale de la traverse, parce qu'on la place dans un équilibre instable, et on doit s'attacher à bourrer surtout sous les rails, aux points qui demandent à être soutenus.

Lorsque le ballast est mobile, lors de la construction par exemple, le bourrage

s'effectue ou du moins se commence avec des battes en bois ou en fer, et on l'achève avec des pioches, figure 6, planche XIX, qui sont en bois garni de fer ou tout entières en fer, lorsque l'on se trouve en présence d'un ballast durci. Lorsqu'il y a lieu de faire subir à une traverse un certain déplacement pour remettre les coussinets en leur vraie place par rapport au rail, on se sert d'une sorte de levier en bois garni de fer, figure 5, planche XIX, qu'on appelle l'*anspect*.

Il y a des traverses qui pourrissent plus vite que les autres, ou qui se fendent de manière à perdre toute leur solidité, on doit les remplacer sans retard; à cet effet, on devra toujours avoir un approvisionnement de traverses dans des hangars voisins des stations : il faudra de même établir, de place en place, le long de la voie, des tas de ballast destinés à l'entretien.

Le mouvement le plus ordinaire des traverses, c'est le mouvement de bascule autour de leur axe longitudinal; quelquefois cependant elles se déplacent transversalement et repoussent le ballast par leurs extrémités; on les ramène alors et on bourre le ballast à leur extrémité. On a tenté de s'opposer à ce mouvement au moyen de pieux enfoncés à l'extrémité des traverses, du côté du rail extérieur des courbes; mais c'est un palliatif insuffisant, et, si la traverse vient à se mouvoir, le pieu est écarté et ne sert à rien.

Les chevillettes qui fixent, soit le coussinet, soit le patin d'un rail, remontent toujours dans leur trou; il faut les enfoncer à petits coups de masse, de manière à amener de nouveau la tête de chaque chevillette au contact de la base, sans cependant dépasser la mesure ni s'exposer à faire sauter cette tête.

Les boulons d'éclisse se desserrant rapidement sous l'influence des vibrations, il faut rétablir le serrage de temps en temps au moyen d'une clef; à l'origine, on s'arrange de manière à placer une des faces de l'écrou horizontale, lorsque le serrage est complet, et la vérification est facile; mais, par suite de l'usure, l'écrou se mâche, et l'horizontalité de la face ne persiste plus.

Une pièce fort importante de la voie avec rail à double champignon, c'est le coin, que nous avons décrit à un autre chapitre. Les coins se desserrent sans cesse, et il faut les vérifier tous les jours et les chasser à nouveau; le cantonnier exécute ce travail au moyen du marteau, dit chasse-coin, figure 7, planche XIX, qu'il tient à la main pendant sa tournée. Cependant il faut éviter l'excès dans le serrage, parce qu'on désagrége rapidement le coin et qu'on le met hors d'usage; il va sans dire que chaque cantonnier doit avoir à sa disposition un certain nombre de coins neufs.

L'entretien des rails consiste surtout à maintenir leur écartement et à le rétablir lorsqu'il a accidentellement disparu.

En discutant la forme du champignon, nous avons vu que le passage des bandages traçait à la surface un ruban brillant; ce ruban doit toujours être central dans une voie bien posée; lorsqu'il ne conserve pas sa position médiane sur le champignon, c'est un indice que la voie s'est déformée.

Tant que le ruban est seul marqué à la surface du rail, le roulement est bon, mais il arrive un moment où le champignon présente des traces de désagrégation et d'exfoliation sur les bords; il ne faut pas attendre jusque-là pour retourner le rail à double champignon lorsqu'on veut en tirer un bon service.

Enfin, il arrive quelquefois que des rails se rompent sous l'influence d'un choc quelconque; il faut pouvoir les remplacer aussitôt, c'est à quoi sont destinés les approvisionnements de rails que l'on voit le long des lignes, de place en place, empilés les uns au-dessus des autres et engagés par leurs extrémités dans les rainures que présentent deux poteaux verticaux.

On sait que les ruptures de rails sont incomparablement plus fréquentes en hiver qu'en été; cela tient-il aux alternatives de gelée et de dégel qui font qu'en hiver le rail est souvent mal soutenu et plus sensible aux chocs? ou bien faut-il attribuer la rupture à une modification dans l'état moléculaire du métal? Des expériences récentes paraissent donner une grande valeur à cette dernière hypothèse.

Nous n'insisterons pas davantage sur cette question de l'entretien qui ne s'apprend bien que par la pratique, et nous dirons seulement que c'est en hiver surtout que la voie demande des soins assidus, particulièrement au commencement de l'hiver et à la suite des gelées prolongées qui ont boursouflé le ballast et qui le rendent très-instable quand arrive le dégel.

Amoncellements de neige. — Sur quelques lignes, même fort importantes, une des grandes difficultés de l'exploitation en hiver se rencontre dans les amoncellements de neiges. Lors de l'établissement de la ligne de Murat à Aurillac, on en redoutait beaucoup les effets et M. l'ingénieur Nordling dut se livrer sur ce sujet à une étude complète qu'il a publiée dans les Annales des ponts et chaussées de 1865, et que nous allons analyser.

La neige agit sur les voies ferrées sous trois formes différentes : chute naturelle, amoncellements dus au vent, avalanches.

La chute naturelle, en l'absence du vent, n'amène jamais de grandes complications : lorsque la couche ne dépasse pas $0^m,20$, les machines avec leurs balais fixés aux chasse-pierres suffisent à déblayer le passage. Si la couche augmente, on a recours à des équipes d'ouvriers armés de grandes pelles, ou bien encore à la charrue à neige; c'est un wagon spécial à six roues, qui porte à l'avant un bouclier en forme de coin avec parties latérales évasées d'une manière qui rappelle deux socs de charrue accolés; cet appareil soulève la neige et la rejette sur les côtés, de sorte qu'une des deux voies est sacrifiée; il va sans dire que la charrue à neige est poussée par une locomotive.

Lorsque le vent coexiste avec la neige, il l'entraîne en tourbillons qui rasent le sol; si la vitesse est faible, le vent soufflant de droite, figure 8 planche XIX, la neige tombe sur le talus de droite et s'y accumule; si la vitesse est forte, la masse s'accumule sur le talus de gauche, figure 9; quelquefois même, dans des tranchées en roches à parois abruptes, la neige ne s'accumule pas lors d'un vent violent rasant le vol; elle passe sur la tranchée sans y tomber figure 11.

Dans les deux premiers cas, la tranchée s'emplit plus ou moins vite, et le passage est obstrué; le mal est grand surtout dans les tranchées de faible profondeur, parce qu'il ne peut s'accumuler qu'un faible volume le long des talus et la tranchée est rapidement effacée. C'est notamment aux points de passage du déblai au remblai que le mal se fait sentir.

Il arrive même que certains remblais se trouvent encombrés lorsque le vent se trouve réfléchi contre le talus et prend une direction ascendante parallèle à ce talus.

Du reste, le moindre obstacle abandonné sur un remblai ou en plaine suffit pour déterminer un petit amoncellement.

C'est en profitant de ce résultat d'observation qu'on a pu établir des paraneiges.

Considérons une paroi verticale opposée au vent, figure 12. Si le vent est modéré, il se forme d'abord un amas triangulaire à droite, et, lorsque cet amas atteint la crête de la paroi, un second amas triangulaire se forme à gauche.

figure 13 ; celui-ci augmente jusqu'à une certaine limite. Les talus qui se forment dépendent de la violence du vent.

Par un vent très-fort, il ne se forme qu'un petit triangle à droite : le tourbillon passe par-dessus l'écran et la neige rencontrant une accalmie derrière cet écran, s'y dépose en plus grande quantité, figure 14 ; le talus de la neige derrière l'écran est généralement à $\frac{1}{4}$; il faut donc placer les écrans à une distance suffisante de la tranchée, si l'on veut qu'ils la protégent efficacement.

Ils doivent être directement opposés à la direction du vent qui d'ordinaire accompagne la neige, ce qui a conduit quelquefois à adopter des écrans inclinés sur l'axe de la voie; d'ordinaire, cependant, ils sont parallèles à la crête du talus.

Au lieu d'écrans en charpente, il vaut mieux avoir des écrans naturels produits par une plantation serrée; on disposera par exemple plusieurs lignes de sapins croisées et on taillera fréquemment la rangée la plus voisine de la voie, afin de ne point la laisser grandir et de la transformer en une sorte de haie.

Lorsqu'une ligne est exposée à des avalanches de neige, c'est en des points spéciaux des montagnes, bien connus à l'avance ; le seul remède est d'établir alors la voie sous une galerie en maçonnerie adossée au coteau et recouverte d'un remblai profilé comme le talus de la montagne. Ce système a été adopté pour la route nationale de Briançon à Grenoble, à la traversée du col du Lautaret.

DE L'EXPLOITATION.

Nous ne considérerons pas le côté commercial de l'exploitation, et nous nous attacherons surtout à faire comprendre les mesures de sûreté en usage sur nos chemins de fer.

Cependant, il convient de donner quelques renseignements sur les frais d'exploitation des principales lignes.

Les frais d'exploitation augmentent rapidement avec les déclivités, et atteignent des prix élevés sur les sections difficiles, telles que la traversée du Cantal, la traversée du Brenner, celle du Semmering, etc...; mais ce sont là des cas exceptionnels.

Voici, d'après M. Jacqmin, le détail des dépenses de traction par train kilomètre sur le réseau de l'Est ; on a totalisé les dépenses de l'année et on a divisé le résultat par le nombre de kilomètres parcourus par l'ensemble des machines du réseau. Une moyenne ainsi établie donne de précieux renseignements, mais elle ne permet pas de reconnaître l'influence des variations du profil et des influences atmosphériques ou autres.

DÉSIGNATION DES ARTICLES.	ANNÉE 1858.	ANNÉE 1863.
	francs.	francs.
Traitements des ingénieurs, du personnel de bureaux. Frais généraux.	0.01879	0.02073
Traitement des chefs et sous-chefs de dépôt, mécaniciens et chauffeurs.	0.16760	0.14402
Combustible des machines	0.29195	0.20578
Primes d'économie de coke et de graissage	0.01562	0.01570
Manutention et emmagasinage des combustibles	0.01828	0.00980
Graissage des machines	0.04213	0.02274
Service de l'eau	0.01594	0.01049
Éclairage des machines	0.01916	0.00985
Nettoyage des machines	0.03669	0.02162
Entretien et réparation des machines et tenders	0.24550	0.14258
Entretien et réparation des voitures et wagons	0.16570	0.16750
Total des frais de traction	1.03736	0.77080

Depuis 1863, les frais de traction ont augmenté à cause du prix croissant du combustible et de toutes les matières premières.

La consommation des machines est la suivante :

6 à 8 kilogrammes	de houille par kilomètre	pour	les machines à roues libres,	vitesse	60 kil.
9 à 12	—	—	mixtes	—	40 —
13 à 18	—	—	à marchandises	—	25 —

Chaque kilogramme de houille vaporise 8 à 9 kilogrammes d'eau ; la consommation est donc par heure :

Pour les machines à roues libres	420 kil. de houille	3260 kil. d'eau.
Pour les machines mixtes	400 kil. de houille	3200 kil. d'eau.
Pour les machines à marchandises	325 à 450 kil. de houille et	2600 à 3600 kil. d'eau.

Les machines à marchandises à trois essieux couplés ne brûlent guère que 14 kilogrammes de houille par kilomètre ; mais les machines Engerth brûlent 19 kilogrammes.

Ainsi, on peut évaluer à 1 franc par kilomètre et par train les dépenses de traction sur nos grands réseaux.

Cette dépense de traction représente 35 à 40 p. 100 des dépenses totales de l'exploitation, qui s'élèvent par conséquent à 2 fr. 50 ou 3 francs par kilomètre et par train.

Ainsi, en 1862, les dépenses totales se sont réparties comme il suit sur trois de nos réseaux :

	Paris-Lyon-Méditerran.	OUEST.	MIDI.
Administration centrale	5	7	9
Exploitation proprement dite	37	40	34
Matériel et traction	37	36	37
Surveillance de la voie	21	17	20
TOTAL	100	100	100

Outre l'exploitation, il faut considérer l'entretien de la voie et de toutes ses dépendances.

Dans une ligne à deux voies de fréquentation moyenne, on arrive vite à une dépense de 6,000 à 7,000 francs par kilomètre, dépense qui comprend la surveillance et l'entretien courant, les travaux neufs et les grosses réparations et les frais généraux.

Sur une ligne à une voie moyennement fréquentée, il faut compter pour l'entretien 2,500 francs au moins par kilomètre et par an. Et pour une ligne à une voie avec trois ou quatre trains par jour dans chaque sens, l'entretien revient encore à 1,500 francs le kilomètre.

Des freins. — Un des plus grands dangers qui menacent les trains de chemins de fer, ce sont les chocs ou collisions. On doit donc, soit pour les prévenir, soit pour en atténuer les effets, chercher les moyens les plus propres à modérer à volonté la vitesse. C'est dans ce but que l'on se sert de freins ou machines à enrayer, qui agissent par pression sur la jante d'une ou plusieurs voitures du convoi, et, substituant ainsi à un frottement de roulement un frottement de glissement, tendent à diminuer la vitesse de la marche.

Les freins jouent donc un très-grand rôle dans l'exploitation des chemins de fer.

Ils ne servent pas seulement en cas de choc imminent; l'usage en est continuel. Lorsqu'un train arrive à une station, s'il voulait s'arrêter sans le secours du frein, il devrait ralentir et supprimer la vapeur longtemps avant; grâce aux freins puissants dont on se sert aujourd'hui, l'époque du ralentissement est retardée et n'atteint plus que quelques centaines de mètres pour les trains les plus rapides; on économise de la sorte beaucoup de temps.

Lorsqu'un train descend une rampe un peu forte, dépassant 3 à 4 millimètres, la composante de la pesanteur parallèle à la rampe se trouve supérieure à la résistance au roulement, et la vitesse du train tend à s'accélérer jusqu'au moment où la résistance de l'air, croissant avec la vitesse, fera équilibre à l'excès de la composante de la pesanteur sur la résistance au roulement. L'accélération de vitesse est inadmissible, et on la combat au moyen du frein; malheureusement l'usage du frein est funeste à la voie.

Ce qui montre bien l'utilité du frein, c'est la mesure dans laquelle il a surexcité l'imagination des inventeurs; on compte un nombre énorme de freins et de parachocs plus ou moins ingénieux, et bien des gens ont cherché à résoudre le problème de l'arrêt instantané des trains.

L'arrêt instantané des trains est une illusion pour qui connaît les principes de la mécanique; d'abord, un train s'arrêtant instantanément produira sur le voyageur le même effet que le cheval rétif produit sur son cavalier; le voyageur, en vertu de la vitesse acquise, continue sa marche en avant et vient se briser soit contre la paroi du wagon soit contre le voyageur qu'il a en face de lui. Et puis, un train est animé d'une grande force vive, qu'il faut détruire instantanément, ce qui ne peut se faire que par la production d'un énorme travail résistant ou d'une grande quantité de chaleur; avec les moyens dont on dispose, un énorme travail résistant est impossible à obtenir en un temps très-court; il en résulte que la force vive trouvera surtout son équivalent dans la chaleur produite.

Ainsi, on ne doit pas rechercher l'arrêt intantané; mais il faut trouver un moyen assez puissant pour arrêter un train dans un temps aussi court qu'il peut l'être sans compromettre la vie des voyageurs. On n'est pas encore allé aussi

loin qu'on le pourrait dans cette voie, et on arrivera sans doute à réduire beaucoup l'espace que parcourt un train entre le point où le jeu du frein commence et le point où le train s'arrête complètement.

Dans son rapport sur l'Exposition de 1867, M. Henry Mathieu s'exprime ainsi au sujet des freins :

« La question des freins est du plus haut intérêt, parce que c'est une question de sécurité. Malheureusement la plupart des inventeurs qui s'en occupent ont toujours la pensée de vouloir arrêter les trains instantanément ; aussi les procédés qu'ils emploient se ressentent du but qu'ils se proposent d'atteindre et ils n'arrivent qu'à des dispositions impossibles. Les freins doivent être avant tout des modérateurs de la vitesse des trains ; ils ne doivent et ne peuvent jamais les arrêter instantanément. Il faut aussi qu'un frein soit calculé pour que l'effort exercé sur ses organes et transmis aux sabots ne puisse jamais caler les roues. Le calage des roues déforme les bandages, et c'est peut-être là son moindre défaut, car le plus grave est d'arrêter les trains moins rapidement que quand on se tient sur le point limité où les roues cessent de tourner. C'est un fait que la théorie explique et que les expériences confirment parfaitement. La commission, nommée en 1863, pour s'occuper de la question des freins, a déclaré, après une étude complète et approfondie : que les freins actuellement usités suffisent généralement pour garantir la sécurité des trains ; qu'il serait néanmoins utile dans certains cas d'arrêter le train plus promptement. Elle concluait en invitant les compagnies à continuer les essais commencés sur divers freins ; à appliquer des freins énergiques aux locomotives et à étudier des dispositions propres à mettre les moyens d'arrêt entre les mains du mécanicien. »

Les modifications principales apportées aux freins dans ces dernières années portent sur la rapidité de la transmission aux sabots afin de les rapprocher instantanément des bandages des roues.

Nous allons décrire rapidement les types de freins que l'on rencontre le plus souvent.

Frein automoteur Guérin. — Le frein ordinaire des wagons n'est autre que l'ancienne *mécanique* des voitures, perfectionnée sous le rapport de la solidité et de la transmission.

Le mécanicien a à sa disposition la manivelle du frein du tender, et, lorsque l'arrêt est nécessaire, il prévient par le sifflet le garde-frein posté à l'arrière du train ; celui-ci agit alors sur son frein. Mais il y a dans tout cela beaucoup de temps perdu, et le train a fait du chemin avant que l'action ne devienne efficace.

Lorsque le mécanicien serre les freins en tête du train, les wagons tendent à continuer leur mouvement en vertu de la vitesse acquise ; leur diminution de force vive se traduit par une compression des ressorts des tampons et par une condensation du train. On a eu l'idée de mettre en œuvre cette compression des ressorts et de lui demander l'effort nécessaire au serrage des freins, et M. Guérin a donné une forme pratique à cette idée.

L'application de ce principe, dit le rapport adressé à M. le ministre des travaux publics sur l'invention de M. Guérin, est évidemment subordonnée à trois conditions :

1° Il faut que le ralentissement, produit en tête, par les moyens directs dont le mécanicien dispose, développe dans le train des réactions assez intenses et assez prolongées ;

2° Il faut, d'un autre côté, que les freins n'entrent pas en action sous la seule influence des variations accidentelles de la vitesse en tête et des réactions qu'elles déterminent entre les véhicules ;

3° Il faut enfin que le train puisse être refoulé sans que les sabots viennent presser les jantes et s'opposer ainsi au mouvement de recul.

Dans l'appareil Guérin, l'effort des tampons, transmis à un des ressorts de choc, est reporté par celui-ci sur l'arbre horizontal du frein au moyen de leviers qui quadruplent l'effort. Un ressort de rappel tend toujours à ramener l'arbre horizontal du frein à sa position de repos, et la force de ce ressort est calculée de telle sorte que les variations accidentelles de vitesse, comprises dans de certaines limites, ne puissent pas la vaincre. Il n'y a donc que le ralentissement brusque, en tête du train, qui fasse fonctionner le frein, et suivant l'énergie du ralentissement imprimé par le mécanicien, l'effort de serrage est lui-même plus ou moins énergique.

Le frein Guérin est beaucoup moins employé depuis qu'on a recours à la double traction avec machine en queue; celle-ci condense les wagons, presse sur les tampons et fait jouer les freins précisément au moment où la résistance au roulement doit être aussi faible que possible.

Frein Stilmant. — Le frein Stilmant, d'un usage assez répandu, se comprend à l'inspection de la figure 19 planche XIX, représentant un frein de tender. Un volant à manivelle est sous la main du mécanicien; la rotation de cette manivelle entraîne celle de son arbre horizontal, qui, par un engrenage à angle droit, agit sur la tige verticale à vis H. Suivant que la rotation s'effectue dans un sens ou dans l'autre, cette vis monte ou descend ; les oscillations du point H sont transmises par le levier G à un arbre horizontal E fixé sous le châssis.

L'arbre E porte à ses extrémités dans le plan vertical des roues, de chaque côté du tender, un levier F, supportant deux coins B articulés et placés dos à dos; ces coins sont compris entre deux glissières A fixées aux châssis et articulées à leur sommet; si les coins s'abaissent, ils écartent les glissières A et par l'intermédiaire de tiges D, appliquent les freins C sur la jante des roues, avec une force plus ou moins énergique suivant le serrage. Si les coins remontent, ils se détachent des glissières, et les freins sont ramenés en arrière par des ressorts fixés au châssis comme on le voit sur la figure. On voit que la manœuvre est simple et rapide ; un faible déplacement des coins suffit à déterminer le serrage et l'effort exercé sur la manivelle par le mécanicien se trouve amplifié dans le parcours par les leviers et le coin.

En deux ou trois secondes, en faisant tourner rapidement le volant, le mécanicien transmet un effort considérable à la jante de la roue.

M. Stilmant se sert de sabots en acier fondu, évidés à la partie centrale; il paraît que ces sabots agissent assez énergiquement sur les bandages pour faire disparaître d'un calage à l'autre les méplats formés sur les roues par le glissement sur le rail.

Frein automoteur Lefèvre et Dorré. — Dans ces derniers temps, MM. Lefèvre et Dorré ont repris l'idée ancienne, déjà mise en pratique par M. Guérin, de demander à la compression des ressorts de choc la force nécessaire au serrage des freins. Mais ils ont apporté à l'appareil Guérin des perfectionnements qui le rendent efficace à la descente et lui permettent de pousser les trains avec des machines en queue. On trouvera aux Annales des ponts et chaussées de juillet 1870 une description complète du frein Lefèvre et Dorré et des expériences auxquelles il a donné lieu.

Emploi de la contre-vapeur. — Dans l'exposé de la situation de l'empire français, en 1870, on trouve les deux phrases suivantes :

« Dans l'ordre des faits qui se rattachent à la sécurité de la circulation sur les chemins de fer, nous citerons comme le plus intéressant l'emploi de la contre-vapeur pour modérer la vitesse des trains à la descente des pentes.

« On est aujourd'hui parvenu au moyen d'une combinaison ingénieuse, et sans compromettre la conservation de la machine, à se servir de la contre-vapeur, non-seulement comme frein de détresse, mais encore et surtout comme résistance permanente et régulière permettant aux trains de parcourir sans danger les pentes les plus rapides. »

Autrefois, en cas de danger pressant, il arrivait bien aux mécaniciens de renverser la vapeur, afin de créer sur le piston une force retardatrice, mais l'opération présentait plus d'un inconvénient :

Il fallait exercer sur le levier de manœuvre un effort considérable, et souvent ce levier, obéissant à l'action de la vapeur, reculait brusquement et venait blesser le mécanicien; grâce à la substitution de la vis au levier, tout danger a disparu de ce côté. Mais il reste encore le grave inconvénient de l'aspiration de l'air par le conduit d'échappement; la marche étant renversée, les fonctions du tuyau d'échappement sont aussi renversées, et l'air de la boîte à fumée est aspiré dans le cylindre. Cet air renferme des poussières et des cendres qui détériorent profondément le mécanisme; en outre, cet air s'échauffe outre mesure, il brûle les garnitures et les huiles, il en résulte des grippements qui mettent les pièces mobiles hors de service; l'air aspiré est refoulé dans la chaudière dont la pression s'élève d'une manière rapide et dangereuse.

L'appareil de M. de Bergue, breveté en France et mis en pratique sur les chemins de fer de l'Ouest, a remédié aux inconvénients ci-dessus et voici comment :

1° On ménage dans le tuyau d'échappement un appel d'air frais pris à l'extérieur; cet air frais n'a pas les inconvénients de celui qu'on prenait dans la boîte à fumée;

2° L'air aspiré se mélange dans la chambre du tiroir avec un jet de vapeur venant de la chaudière, et le mélange humide n'attaque plus les garnitures.

3° L'air refoulé par le piston ne va plus dans la chaudière, mais dans un récipient spécial où il se comprime et d'où il s'échappe dans l'atmosphère par un ajutage spécial.

M. Le Chatelier fit expérimenter sur le chemin de fer du nord de l'Espagne un appareil analogue à celui de M. de Bergue; M. Ricour constata le bon fonctionnement de l'appareil modifié et reconnut que le mélange d'un jet de vapeur à l'air aspiré était nécessaire pour empêcher les grippements.

Pendant les expériences, M. Ricour eut l'idée de recourir au tube d'inversion, destiné à permettre, non plus l'aspiration de l'air extérieur, mais l'aspiration d'un mélange de vapeur et d'eau.

La substitution de ce mélange à l'air atmosphérique présente un énorme avantage : le mouvement du piston à contre-marche engendre une force vive qui n'a son équivalent dans aucun travail et qui se manifeste par une forte production de chaleur ; le mélange humide va absorber cette chaleur, l'eau en suspension va se vaporiser et être refoulée dans la chaudière; celle-ci est donc alimentée non plus avec de l'eau, mais avec de la vapeur toute formée. On est en présence d'une machine à vapeur inverse : en effet, pendant l'ascension des rampes, la chaleur du foyer est, par l'intermédiaire de la chaudière et de l'eau qu'elle ren-

ferme, transformée en travail sur les pistons, et ce travail sert à vaincre le travail résistant de la pesanteur, c'est la machine directe qui fonctionne; au contraire, à la descente des pentes rapides, la pesanteur entraîne la machine et fait mouvoir le piston qui aspire le mélange d'eau et de vapeur, lui cède la chaleur provenant du travail de la pesanteur, et cette chaleur se trouve emmagasinée dans la chaudière : c'est la machine inverse qui fonctionne.

L'emploi de la contre-vapeur ne fait pas seulement office de frein, elle emmagasine du travail et réalise une double économie : elle évite l'usure et la déformation des bandages et de la voie, et elle maintient la pression à son maximun pendant tout le temps de la descente.

On voit toute la différence qui existe entre le nouvel appareil et celui de M. de Bergue.

C'est au moyen du tube d'inversion que l'on réalise l'aspiration de la vapeur par le cylindre et son refoulement dans la chaudière. A l'origine, les mécaniciens inexpérimentés laissaient aspirer de la vapeur presque sèche qui se desséchait complétement par la chaleur qu'elle absorbait dans le cylindre et qui brûlait les garnitures; ce mal peut être évité en forçant la proportion d'eau aspirée, et les mécaniciens arrivent vite à reconnaître la dose convenable. Les conduits d'admission d'eau et de vapeur doivent être indépendants, de manière à permettre un mélange variable.

Le tube d'inversion a conduit à de bons résultats sur les lignes qui l'ont appliqué à leurs machines.

Frein à air comprimé. — Le frein à air comprimé a pris, dans ces dernières années, un grand développement aux États-Unis d'Amérique et en Angleterre, ainsi que l'a constaté M. Malézieux dans ses *Rapports de mission.*

Il est facile de donner de cet appareil une idée sommaire : sur le flanc de la locomotive existe un petit cylindre dont le piston est mû par la vapeur de la chaudière; la tige de ce piston se prolonge en dehors du cylindre et actionne un autre piston parcourant un cylindre qui forme pompe à air. Cet ensemble est une sorte de petit cheval qui, au lieu d'aspirer de l'eau, aspire de l'air, le comprime et l'envoie dans un réservoir cylindrique placé entre le tender et la machine.

Du réservoir à air comprimé part un tuyau en fer qui se recourbe de manière à passer près du mécanicien, et de là s'en va passer sous tous les wagons du train; d'un wagon à l'autre le raccordement est fait par un bout de tube en caoutchouc, et sous chaque wagon est un petit cylindre horizontal renfermant un piston, dont la tige actionne le levier d'un frein ordinaire. Sous la main du mécanicien est un robinet qui permet de mettre la file de tuyaux en rapport avec l'air comprimé ou avec l'air extérieur.

Lorsque l'air comprimé est lancé dans les tuyaux, il vient presser contre les pistons des cylindres qui se trouvent sous les wagons; ces pistons se déplacent et produisent le serrage des freins.

Lorsqu'on veut interrompre le serrage, on met la file de tuyaux en communication avec l'air extérieur, les pistons se trouvent en équilible sur leurs deux faces et des ressorts ramènent en arrière les leviers des freins.

Ce système, qui réalise toutes les conditions d'un frein perfectionné, et qui, au premier abord, peut paraître bien compliqué, semble avoir parfaitemen- réussi en Amérique, et prend actuellement une grande extension en Angleterre.

Il est à la disposition absolue et immédiate du mécanicien; il agit sur toutes

les roues du train simultanément, et réserve la faculté du recul. Il mérite donc d'être propagé en France.

GÉNÉRALITÉS SUR LES SIGNAUX.

Avec le développement qu'a pris la circulation des trains sur les lignes de chemins de fer, la nécessité d'un système perfectionné de signaux s'est fait sentir de plus en plus.

Il faut arriver à régler l'écartement des trains de manière à obtenir une sécurité constante; il faut qu'un train soit prévenu dès qu'il est exposé à rencontrer un obstacle sur la voie qu'il parcourt; il faut, en outre, que les stations successives communiquent entre elles, que le mécanicien, et même les voyageurs d'un train puissent se mettre en rapport avec le conducteur. On voit que le problème est bien compliqué.

On distingue trois états de la voie :

1° Voie libre : le train peut conserver sa vitesse normale;

2° Voie pouvant présenter un obstacle, ce qui exige quelques précautions : le train doit ralentir sa vitesse ;

3° Voie présentant certainement un obstacle : le train doit s'arrêter.

Les signaux optiques jouent un très-grand rôle dans l'exploitation des chemins de fer, et trois couleurs sont adoptées d'une manière générale : le blanc, le vert et le rouge.

La couleur blanche indique la voie libre.

La couleur verte indique qu'il y a des précautions à prendre, et prescrit le ralentissement.

La couleur rouge signale un obstacle et prescrit l'arrêt.

Ainsi, toutes les fois qu'un train se trouve en présence d'un signal, une lanterne par exemple, la couleur de ce signal apprend au mécanicien ce qu'il a à faire.

Les signaux les plus simples sont ceux que les agents exécutent à la main ; à cet effet ils doivent être munis d'un drapeau rouge, d'un drapeau vert et d'une lanterne aux trois couleurs ; les drapeaux sont enroulés et enfermés dans une gaîne en cuir qui s'attache à la ceinture.

Lorsque la voie est libre, l'agent présente au passage des trains, soit son drapeau enroulé et placé dans sa gaîne qu'il tient verticalement, soit sa lanterne avec le verre blanc tourné vers le train ; sur quelques lignes, notamment en Angleterre, on indique la voie libre tout simplement en étendant le bras horizontalement.

Le drapeau vert déployé ou la lumière verte, ou le bras levé verticalement, prescrivent le ralentissement.

Le drapeau rouge, ou la lanterne rouge, ou les deux bras levés au-dessus de la tête prescrivent l'arrêt.

Les signaux à distance se font surtout avec des sémaphores : un sémaphore se compose d'un poteau vertical plus ou moins élevé, portant à son sommet un bras mobile dans un plan transversal à la voie. Si ce bras mobile retombe le long du mât ou poteau, la voie est libre ; s'il est placé horizontalement, de manière à former une potence avec le mât, il indique l'arrêt ; dans la position intermédiaire, c'est-à-dire à 45° au-dessous de l'horizon, il indique le ralentissement.

Pendant la nuit, une lanterne est hissée sur la face du poteau qui n'est pas tournée du côté des trains; le bras mobile du sémaphore porte deux verres circulaires : un vert et un rouge. Lorsque ce bras est vertical, la lumière blanche de la lanterne est démasquée, et les mécaniciens l'aperçoivent; lorsque le bras est horizontal, son verre rouge vient se placer devant la lanterne, et la couleur rouge est dirigée du côté d'où les trains arrivent; enfin, lorsque le bras est incliné à 45°, c'est le verre vert qui se place devant la lanterne, et la couleur verte apparaît aux yeux des mécaniciens.

La figure 15 de la planche XIX, empruntée au *Traité des signaux* de M. Brame, représente le sémaphore du chemin de fer P.-L.-M. ; on en comprendra le fonctionnement à la simple inspection de la figure.

En dehors du sémaphore, on se sert du signal avancé ou disque, placé à une distance suffisante de la station pour protéger contre toute collision les trains qui y stationnent; la distance de 800 mètres était considérée autrefois comme assez forte pour permettre l'arrêt d'un train quelconque; avec les trains lourds et à grande vitesse qui circulent aujourd'hui, 800 mètres ne suffisent plus, et il faut aller jusqu'à 1500 mètres.

La figure 16 de la planche XIX, extraite aussi de l'ouvrage de M. Brame, représente le disque du chemin de Lyon; c'est une colonne creuse en fonte BB' avec socle A, dans l'axe de laquelle se meut une tige verticale C terminée par un disque D, peint en rouge sur une face et en blanc sur l'autre. A la base de la tige, on voit un balancier J qui est sollicité à un bout par le fil de transmission qui s'en va à la station et à l'autre bout par une chaîne fixée au levier de rappel. Le fil de transmission, soutenu par des roulettes verticales en alignement droit et horizontales en courbe aboutit dans la station à un levier de manœuvre; si on abaisse ce levier jusqu'à terre, on tire sur le fil et on fait tourner le disque dans un certain sens; au contraire, si on relève ce levier, l'action du levier de rappel, voisin du disque, se produit pour faire tourner le disque en sens contraire.

A chaque opération, le disque tourne de 90° et son excursion est limitée par des taquets que porte la tige C.

S'il s'agit de fermer la voie, on abaisse le levier de manœuvre et le disque se place dans un plan transversal à la voie, sa face rouge dirigée vers les trains qui viennent; pour rendre la voie libre, on soulève le levier de manœuvre, et le disque tourne de 90°, de manière à s'effacer dans un plan parallèle à la voie, sa face rouge regardant la clôture et sa face blanche regardant les rails.

Pendant la nuit, une lanterne est hissée au sommet de la colonne à la hauteur du disque; si celui-ci est effacé, la lumière blanche de la lanterne se montre aux trains qui s'avancent; au contraire, si le disque est placé transversalement à la voie, un verre rouge qu'il porte vient se mettre en face de la lanterne; la couleur rouge avertit les mécaniciens qu'il y a danger et qu'il faut s'arrêter.

Les disques ne sont pas toujours visibles des stations, et cependant il est de la dernière urgence de s'assurer que la manœuvre a réussi. On y est arrivé en ayant recours à la sonnerie électrique, à la trembleuse, qu'on entend frapper sur son timbre à coups répétés pendant tout le temps que les trains s'arrêtent aux stations. Le principe en est simple : un courant électrique est mis en rapport d'un côté avec le timbre, de l'autre avec le marteau trembleur, et le fil qui l'amène au marteau est en rapport avec le poteau du disque au moyen d'un commutateur; orsque la voie est ouverte, le courant est fermé parce que le commutateur est solé, l'électricité ne passe pas; lorsque le disque est en travers de la voie, le commutateur communique avec le métal du poteau, le courant s'établit, le mar-

teau trembleur est attiré par le timbre qu'il vient frapper, puis il revient en arrière pour être attiré à nouveau. C'est la sonnerie électrique que nous avons décrite dans le cours de physique : elle fonctionne tant que le disque est en travers de la voie, et par conséquent elle fait savoir si la manœuvre a réussi et si le train est réellement protégé.

Sur quelques lignes, on a établi des disques automoteurs, qui se mettent à l'arrêt par le fait même du passage des trains : on conçoit très-bien que la roue d'avant du train en agissant sur une pédale fasse basculer un système de leviers et amène la rotation du disque. Ce système automoteur n'a pas été accueilli d'une manière favorable ; du reste, il ne présente pas d'avantages sérieux, et pourrait inspirer une sécurité trompeuse.

Aux bifurcations et embranchements, des disques spéciaux à couleurs variables indiquent dans quelle direction l'aiguille est faite.

De même, aux souterrains, un système spécial de signaux fait savoir s'il y a un train à l'intérieur du souterrain : deux trains ne doivent pas s'y engager à la fois, quand ils marchent dans le même sens.

Dans les temps de brouillard, les pétards posés sur les rails et détonant au passage des machines sont d'un secours utile ; l'explosion d'un pétard indique l'arrêt. On a toujours soin de placer deux ou trois pétards à la suite l'un de l'autre, afin de parer aux inconvénients d'un raté.

Sur beaucoup de lignes l'usage de la trompe est très-répandu ; chaque garde-barrière indique par un son de trompe prolongé l'approche d'un train qu'il a en vue ou qu'il entend. Ces signaux très-simples rendent de grands services.

Pendant la nuit les trains portent à l'avant un ou plusieurs feux blancs de grande puissance, et, à l'arrière, un ou plusieurs feux rouges ; ces feux rouges préviennent un train qui se rapprocherait trop de celui qui le précède et lui commandent l'arrêt.

Les signaux acoustiques ont généralement peu réussi, surtout pour la communication entre le mécanicien et les conducteurs d'un même train ; l'usage du sifflet à vapeur est seul possible.

Un coup de sifflet prolongé appelle l'attention et signale le mouvement du train ; on donne ce coup de sifflet au départ, à l'approche des passages à niveau, tranchées, etc., et en temps de brouillard.

Aux bifurcations, le train indique par un seul coup de sifflet qu'il va à gauche, et par trois coups qu'il va à droite.

Deux ou plusieurs coups de sifflet saccadés commandent de serrer les freins ; un seul coup bref commande de les desserrer.

Il serait avantageux de trouver un moyen simple de mettre en communication la machine et toutes les voitures d'un train ; l'appareil électrique Prudhomme est jusqu'à présent le seul qui ait fourni une solution à peu près satisfaisante du problème.

La tendance à l'unification des signaux est génerale ; cependant il y a une grande différence entre le système suivi en France et en Angleterre et le système qu'on suit en Allemagne ; chez nous, les dispositions sont prises comme si un train était toujours attendu, et l'absence de signaux signifie : voie libre. En Allemagne, la voie est toujours fermée, et l'absence de signal indique l'arrêt ; un train ne peut continuer sa marche en avant que s'il voit devant lui des signaux indiquant la voie libre.

CHAPITRE VI

CONSIDÉRATIONS ÉCONOMIQUES SUR LES CHEMINS DE FER

SITUATION DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS[1].

En France, comme en Angleterre, les chemins de fer prirent naissance dans les pays de houillères et de hauts-fourneaux, là où le besoin des transports se faisait le plus vivement sentir.

En 1821, MM. les ingénieurs Beaunier et de Gallois étudièrent un chemin de fer réunissant les houillères de Saint-Étienne à Lyon. Une ordonnance royale de 1823 leur concéda cette ligne.

1826. Concession par ordonnance royale de la ligne de Saint-Étienne à Lyon.
182 — — d'Andrezieux à Roanne.

La traction s'opéra d'abord au moyen de chevaux ; ce n'est qu'en 1832 que la locomotive apparut sur la ligne de Saint-Étienne à Lyon.

Une loi de 1833 concéda à titre perpétuel la ligne d'Alais à Beaucaire.

La même année et les années suivantes furent accordés les crédits qui permirent d'étudier les grandes lignes rayonnant de Paris vers les frontières.

De 1833 à 1838, on ne trouve que quelques concessions de petites lignes : Paris à Saint-Germain, Montpellier à Cette, Paris à Versailles (rive droite et rive gauche), Mulhouse à Thann, Bordeaux à la Teste.

La situation politique, à l'intérieur et à l'extérieur, en 1839 et 1840, pesa lourdement sur les lignes déjà crées ou en voie de construction, et plusieurs périclitèrent.

En 1840, les Chambres furent forcées d'autoriser la construction par l'État des lignes de Montpellier à Nîmes, et Lille à Valenciennes.

En 1841, la France n'avait que 566 kilomètres de chemins de fer, dont 319 ouverts à la circulation, et se trouvait dans un état très-prononcé d'infériorité par rapport aux pays voisins. On sentit la nécessité de recourir à des moyens énergiques et de venir en aide à l'industrie privée en laissant à la charge de l'État la partie vraiment aléatoire de la construction.

L'Angleterre avait complétement abandonné la construction de ses lignes à

[1] Cette situation a été établie d'après les documents statistiques que publie chaque année le Ministère des travaux publics et surtout d'après la notice historique et statistique des voies de communication de la France, publiée en 1873, par M. l'ingénieur Lucas, à l'occasion de l'exposition de Vienne.

l'industrie privée; la Belgique, au contraire, avait créé et exploitait ses chemins de fer aux frais de l'État.

En France, on adopta un système mixte : l'État, avec ses ingénieurs, construisit l'infrastructure de la voie, c'est-à-dire qu'il acheta les terrains et exécuta les terrassements et les ouvrages d'art; les compagnies exploitantes n'avaient plus qu'à installer la voie et le matériel.

La loi de 1842, rédigée dans ce sens, déterminait comme il suit les grandes artères du réseau français :

Paris à la frontière belge, par Lille et Valenciennes,
Paris à Rouen et au Havre.
Paris à Strasbourg.
Paris à la Méditerranée, vers Cette et Marseille par Lyon.
Paris en Espagne, par Tours, Bordeaux et Bayonne.
Tours à Nantes.
Orléans au centre de la France par Bourges.
Le Rhin à la Méditerranée par Marseille et Lyon,
L'Océan à la Méditerranée, de Bordeaux à Marseille, par Toulouse.

En 1843, on ouvrait les lignes de Paris à Rouen et de Paris à Orléans, qui donnaient d'excellents résultats, ce qui encouragea la spéculation. Les adjudications se faisaient avec publicité et concurrence, et le rabais portait soit sur la durée de la concession, soit sur la redevance à payer à l'État.

Mais les inconvénients de l'adjudication ne tardèrent pas à se manifester; certaines Compagnies firent des rabais excessifs qui entraînèrent leur ruine.

Aussi concéda-t-on directement plusieurs lignes (Bordeaux à Cette, Paris à Cherbourg, Paris à Rennes) à des Compagnies puissantes, présentant toutes les garanties désirables.

Au 31 décembre 1847, il y avait 4,035 kilomètres concédés, et 1,824 seulement livrés à l'exploitation et partagés entre vingt-deux Compagnies.

Les événements de 1848 désorganisèrent presque toutes les Compagnies, et l'on dut mettre sous le séquestre plusieurs lignes, entre autres celle d'Orléans. On proposa alors le rachat de toutes les lignes par l'État; mais cette mesure ne fut appliquée qu'au chemin de Paris à Lyon.

Jusqu'en 1850 le réseau demeura stationnaire.

En 1851, le concours de l'État commence à apparaître sous diverses formes : subvention en argent, garanties d'intérêt jusqu'à concurrence d'une certaine somme, subvention en travaux.

A la fin de 1851, il y avait 3,911 kilomètres concédés et 3,547 exploités, dont 383 au compte de l'État; le tout était réparti entre vingt-sept Compagnies.

En 1852 se manifestèrent les graves inconvénients résultant du morcellement des lignes : ce morcellement entraînait des transbordements et des surcroîts de dépenses considérables; il n'y avait aucune unité dans les tarifs et les délais de transport.

Ce fut donc un grand service rendu à la France que la fusion qui s'opéra de 1852 à 1855. Il en résulta les six grandes Compagnies qui existent encore aujourd'hui et qui se partagent presque la France entière :

1° Compagnie du Nord ; 2° d'Orléans; 3° de Paris à Lyon et à la Méditerranée, qui absorba les lignes de Lyon à Genève, du Bourbonnais et du Grand-Central ; 4° de l'Est; 5° de l'Ouest; 6° du Midi.

A la fin de 1857, il y avait en France 16,071 kilomètres de chemins de fer

concédés, dont 1,011 seulement appartenaient à des Compagnies secondaires.

La garantie d'intérêt, consentie par l'État en faveur des Compagnies, donnait à celles-ci un grand appui moral, sans trop charger les finances publiques, et les capitaux accueillaient avec faveur les obligations de chemins de fer.

C'est grâce à cet appui que la crise de 1859 put être conjurée, et que l'on put aussi imposer aux Compagnies la construction et l'exploitation de lignes dont le produit ne devait pas de longtemps rémunérer le capital de construction.

Le réseau de chaque grande ligne est divisé en deux parties : l'ancien et le nouveau réseau; l'ancien réseau ne reçoit aucune garantie de l'État; seules, les dépenses exécutées sur le nouveau réseau ont un intérêt garanti de 4 pour 100 qui, avec l'amortissement, s'élève à 4,655 pour 100. Lorsque les recettes de l'ancien réseau arrivent à dépasser un certain rendement kilométrique, l'excédant est reversé sur le nouveau réseau et vient en déduction de la part de l'État. Quand les recettes du nouveau réseau lui-même arriveront à dépasser la somme nécessaire au payement de l'intérêt, le surplus servira à rembourser avec les intérêts à 4 pour 100 toutes les avances faites précédemment par l'État.

En 1863, il y avait 19,044 kilomètres de chemins concédés, dont 11,147 dans le nouveau réseau.

Au 31 décembre 1870, la situation des chemins français concédés par l'État est résumée dans le tableau suivant :

DÉSIGNATION DES COMPAGNIES.	CONCESSIONS DÉFINITIVES		TOTAL. (kilomètres.)	CONCESSIONS ÉVENTUELLES.	TOTAL GÉNÉRAL. (kilomètres.)
	EXPLOITÉES.	en construction ou à construire.			
Nord.	1581	245	1826	»	1826
Est.	2880	271	3151	16	3167
Ouest.	2298	596	2894	»	2894
Orléans.	3895	424	4319	38	4357
Paris-Lyon-Méditerranée.	4381	1637	6018	242	6260
Midi.	1870	500	2370	195	2565
Compagnies diverses.	574	1391	1976	304	2274
TOTAL GÉNÉRAL. . .	17484	5064	22578	795	23343

Les conditions d'établissement et les dépenses sont résumées au tableau suivant, en ce qui concerne les six grandes Compagnies :

DÉSIGNATION DES COMPAGNIES.	LONGUEUR			SUPERFICIE OCCUPÉE (hectares).	LARGEUR MOYENNE D'EMPRISE.	NOMBRE DES PASSAGES.			NOMBRE DES GARES ET STATIONS.	PRIX DE REVIENT par kilomètre.	
	A DOUBLE VOIE.	A SIMPLE VOIE.	TOTALE.			sous rails.	à niveau.	sur rails.		ANCIEN RÉSEAU.	NOUVEAU RÉSEAU.
	kil.	kil.	kil.		mètr.					fr.	fr.
Nord.	1338	218	1556	4156	26.71	594	1005	314	196	470017	324461
Est.	1432	1405	2837	8732	30.78	753	2183	475	392	486620	450546
Ouest.	1111	1061	2172	6622	30.49	1112	1131	750	287	685778	466209
Orléans.	1237	2658	3895	12390	31.81	1716	2558	880	486	409420	413814
Paris-Lyon-Méditerr..	2145	2029	4174	13048	31.26	2749	2641	931	651	543020	443665
Midi..	551	1319	1870	5219	27.91	463	1469	162	240	477889	460787
TOTAUX.	7814	8690	16504	50167	30.40	7589	10987	3512	2252	472891	

Voici maintenant les résultats financiers pour 1869 :

DÉSIGNATION DES COMPAGNIES.	ANCIEN RÉSEAU		NOUVEAU RÉSEAU		NOMBRE TRANSPORTÉ à un kilom. de mille		TARIF MOYEN par kilom. en centimes.	
	longueur exploitée.	produit net kilométr.	longueur exploitée.	produit net kilométr.	tonnes.	voyageurs.	par tonne.	par voyageur.
	kil.	fr.	kil.	fr.				
Nord.	1066	47100	420	10595	917137	540320	5.84	5.88
Est.	977	35652	1755	13128	1116955	698454	5.82	4.89
Ouest..	900	35507	1272	7153	523552	737785	6.71	5.13
Orléans..	2017	27234	1713	6362	973453	653835	6.80	5.57
Paris-Lyon-Méditerranée. .	3601	36224	540	5474	2304930	1106987	5.81	5.80
Midi.	796	28554	949	4024	388953	301815	7.01	5.13

Les tarifs légaux étaient, en 1869 :

De 0f,112, 0f,084 et 0f,0616 en 1re, 2e et 3e classe.

De 16, 14, 10, 8 à 4 centimes par tonne de marchandises, suivant la classe.

Le parcours moyen d'une tonne de marchandises a été de 142 kilomètres, et le parcours moyen d'un voyageur 37 kilomètres.

Le total des personnes employées en 1869 par les six grandes Compagnies a été de 135,384.

Au 1er janvier 1870, le total des dépenses faites ou à faire sur les lignes concédées par l'État s'élevait à un peu plus de 10 milliards de francs, sur lesquels 8 milliards déjà avaient été dépensés.

La loi du 12 juillet 1865 a autorisé la construction par les départements, par les communes ou par des concessionnaires des chemins de fer d'intérêt local, auxquels sont accordées certaines facilités de construction.

Ces chemins de fer sont aujourd'hui en grande faveur et semblent appelés à sillonner le territoire ; tous les jours de nouvelles concessions sont accordées ; au 1er janvier 1871, il y en avait 1,770 kilomètres de concédés, dont 268 kilomètres seulement livrés à l'exploitation.

La situation des chemins de fer français au mois d'août 1874 se trouve résumée dans le discours prononcé par M. l'ingénieur Caillaux, ministre des travaux publics, à la séance de l'Assemblée nationale du 5 août 1874 :

« Le développement total de nos chemins de fer d'intérêt général définitivement concédés se trouve porté à 23,730 kilomètres, sur lesquels 18,877 sont livrés à l'exploitation. Les nouvelles lignes dont nous vous proposons d'approuver la concession porteront la longueur totale à 24,785 kilomètres, c'est-à-dire à plus des deux tiers de la longueur totale de nos routes nationales. Les lignes concédées en outre, sous le titre de chemins de fer d'intérêt local, ont une longueur de 4,177 kilomètres, sur lesquels 1,266 sont dès maintenant livrés à l'exploitation.

« On peut donc dire, en réunissant ces chiffres, que notre réseau de chemins de fer concédés est aujourd'hui d'environ 30,000 kilomètres, sur lesquels plus de 20,000 sont en exploitation et 10,000 environ sont en construction ou à construire. »

Avantages économiques des chemins de fer. — On n'évaluait autrefois qu'à 20 centimes par tonne et par kilomètre le prix du transport des marchandises sur les voies de terre.

Ce prix est aujourd'hui d'au moins 25 et généralement de 30 centimes sur les routes ordinaires ; il est beaucoup plus considérable sur les chemins vicinaux, et les subventions qu'on est en droit de réclamer à l'industrie pour dégradations exceptionnelles l'élèvent encore en bien des cas.

La tonne kilométrique transportée par chemin de fer, ne coûtant que 6 centimes, le prix des transports est donc 4 à 5 fois plus faible qu'autrefois, et on réalise en outre une énorme économie de temps pour les transports à grande distance. Cette économie de temps peut, du reste, se traduire en chiffres, ainsi que l'a fait M. l'ingénieur Goschler :

« On ne peut guère évaluer à moins de 0f,50 par heure le temps d'un voyageur ; or un voyageur à pied fait 4 kilomètres à l'heure, et perd, par conséquent, 0f,125 par kilomètre ; en diligence, le voyageur fait 10 kilomètres à l'heure, et le péage par kilomètre est au moins 0f,15, en ajoutant 5 centimes pour le temps perdu, c'est un total de 0f,20 par kilomètre ; en chemin de fer, le voyageur fait 30 kilomètres à l'heure et le péage moyen est de 0f,08 par kilomètre ; il en résulte, avec le temps perdu, un prix total de 0f,096 par kilomètre. »

On peut donc établir, comme il suit, le prix du transport d'un voyageur :

	A PIED.	EN DILIGENCE.	EN CHEMIN DE FER.
A dix kilomètres.	1.25	2.00	0.96
A vingt kilomètres.	2.50	4.00	1.92
A cinquante kilomètres..	6.25	10.00	4.80
A cent kilomètres.	12.50	20.00	9.60

Les différences seraient bien plus accusées si on tenait compte des frais accessoires de toutes natures qu'entraînent les diverses manières de voyager.

Pour le transport des marchandises, il faut distinguer deux éléments dans le prix : les frais fixes de manutention et les frais variables avec la distance.

Par voie de terre, les frais fixes comprennent le chargement au départ et le déchargement à l'arrivée, en tout 0f,60, et les frais variables peuvent être évalués à 0f,25 par kilomètre.

Par chemins de fer, les frais fixes comprennent le chargement au départ et le déchargement à l'arrivée (0f,60), le camionnage à 2 kilomètres au départ et à 2 kilomètres à l'arrivée (1 fr.), le déchargement du camion et le chargement en wagon au départ et l'opération inverse à l'arrivée (0f,60), ce qui donne pour les frais fixes un total de 2f,20; les frais variables sont de 0f,06 par kilomètre.

Ainsi, à une distance de (d) kilomètres, la tonne transportée coûtera :

Sur voie de terre : $0^f,60 + 0,25.d$
Sur voie ferrée : $2^f,20 + 0,06.d$;

On trouve que ces deux quantités deviennent égales pour une distance (d) de 8 kilomètres 1/2.

Pour une distance moindre, l'avantage est à la voie de terre ; pour une distance supérieure, il est à la voie de fer.

Si l'on fait $d = 100$ kilomètres, on trouve que le prix de transport sur une route atteint 25f,60, et sur un chemin de fer il n'est que de 8f,20.

Ces exemples suffisent à faire comprendre les avantages économiques que présentent les chemins de fer, avantages dont tout le monde se rend bien compte.

SITUATION DES CHEMINS DE FER A L'ÉTRANGER.

Pour compléter les renseignements précédents et établir une comparaison entre la France et l'étranger, il convient de résumer rapidement la situation des chemins de fer à l'étranger.

Angleterre. — M. l'ingénieur Malézieux vient de nous rapporter sur les chemins de fer anglais des renseignements précieux.

Les chemins n'ont pas été groupés en réseaux ; au contraire, la concurrence privée a eu tendance à créer des lignes parallèles. Néanmoins, par la force des choses et à la suite de fusions, il s'est constitué des circonscriptions correspondant à peu près aux divisions géographiques.

Neuf réseaux aboutissent à Londres et y ont chacun une ou deux gares de tête; Londres est comme le centre d'une étoile d'où ils rayonnent. Il y a six réseaux principaux en dehors de ceux qui n'aboutissent pas à Londres.

Voici le développement des voies ferrées en exploitation dans la Grande-Bretagne au 31 décembre 1870 :

NUMÉROS D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES COMPAGNIES.	LONGUEUR EN KILOMÈTRES.	NUMÉROS D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES COMPAGNIES.	LONGUEUR EN KILOMÈTRES.
	1° ANGLETERRE ET PAYS DE GALLES.			REPORT. . . .	14563
1	London and north Western.	2425	13	Cambrian..	290
2	Great Western.	2232	14	Bristol and Exeter..	263
3	North Eastern..	2061	15	London, Chatam and Dover.	222
4	Midland..	1564	16	South Devon.	191
5	Great Eastern.	1307	»	188 autres Compagnies.	2362
6	London and South Western.	1072		TOTAL. . . .	17691
7	Great Northern.	1019		2° ÉCOSSE.	
8	Lancashire and Yorkshire..	689	1	North British.	1270
9	Manchest., Sheffield and Lincolnshire.	586	2	Caledonian.	1262
10	London, Brighton and South Coast..	565	3	Highland.	511
11	South Eastern..	537	4	Glascow and South Western.	469
12	North Straffordshire..	506	5	Great north of Scotland.	450
			»	30 autres Compagnies..	89
	A REPORTER. . . .	14363		TOTAL. . . .	4051

Si on ajoute l'Irlande, on arrive à 25,000 kilomètres de voies ferrées, représentant un capital de 14 milliards.

Comme différences des chemins anglais avec les nôtres, il faut signaler :

1° L'emplacement des stations : on les rapproche le plus possible du centre des grandes villes, et on ne recule devant aucun sacrifice pour cet objet, tandis que nos grandes gares de Paris, par exemple, sont généralement situées à de grandes distances du centre ;

2° L'admission du public dans les gares, mesure fort agréable aux voyageurs, mais dont il serait à craindre qu'on n'abusât en France ;

3° Accélération du service des bagages au départ et à l'arrivée.

« Ce qui offre le plus d'intérêt, dit M. Malézieux, c'est le spectacle des effets produits, après une expérience de quarante ans, par le principe tant prôné de la libre concurrence.

« Dans le principe, la spéculation a dépassé le but en créant, dans certaines directions, des lignes surabondantes, inutiles, qui grèvent à la fois le prix de revient et les frais d'exploitation. La faute est irréparable ; car on ne peut rendre à l'agriculture les terres qu'occupent ces lignes parasites ; on ne peut liquider, réaliser, porter ailleurs les fonds immobilisés dans les travaux de terrassement, dans les ponts, dans les tunnels si nombreux sur le sol de l'Angleterre. Ce sont des capitaux perdus, détruits pour la société. Croit-on que les actionnaires soient seuls à en souffrir ?

« Ceux-ci, à la vérité, ont porté directement la peine de leur imprévoyance. Admises, provoquées à entrer en lice, les Compagnies l'avaient fait vaillamment ; elles s'étaient disputé la faveur du public au prix de sacrifices parfois insensés. En vain avaient-elles compté sur un dédommagement dont les localités intermédiaires devaient faire les frais ; elles n'ont même pas obtenu, des localités concurremment desservies, une reconnaissance sans réserve. Quel singulier pays que celui où l'on trouve des capitalistes disposés à s'immoler aussi gratuitement !

« Mais il y avait là un malentendu qui ne pouvait pas durer et dans lequel n'auraient pas dû tomber des esprits aussi positifs. Les compagnies s'aperçurent enfin que la lutte était une folie dans l'espèce, que les chemins de fer parallèles ne se créent pas en nombre indéfini comme on juxtapose des boulangeries ou

des boucheries; qu'en dépit des prévisions législatives elles étaient maîtresses du terrain, qu'elles pouvaient absorber jusqu'aux voies navigables de l'intérieur et qu'elles n'avaient qu'à s'entendre pour peser sur le public tout entier, de tout le poids d'un monopole absolu sans limites et sans contrôle, car c'est à ce prix seulement qu'on avait pu lancer l'industrie privée dans l'arène de la concurrence.

« La période des sacrifices était close alors pour les compagnies; les rôles allaient être intervertis. Comment s'étonner que les tarifs soient devenus excessifs? comment s'étonner que le commerce, de plus en plus atteint par la marée montante du monopole, ait poussé des cris d'alarme auxquels le Parlement vient de répondre par une loi, plaçant le salut public au-dessus d'une logique rigoureuse et soumettant les compagnies de chemins de fer à un tribunal d'exception?

« En face de ces imperfections, authentiquement constatées, d'un système qui est le contre-pied du nôtre, nous pouvons attendre tranquillement, en ce qui nous concerne, le jugement de l'histoire.

« L'histoire appréciera une sagacité pratique qui a compris à temps comment on pouvait utiliser le concours de l'industrie privée sans compromettre l'avenir commercial du pays.

« L'histoire enfin dira si, sur ce modeste théâtre des œuvres de la paix, l'administration française a bien mérité de la patrie. »

Indes anglaises. — Le gouvernement anglais a établi un réseau complet de chemins de fer dans les Indes : on a fait appel aux capitaux privés par l'intermédiaire de compagnies auxquelles le gouvernement garantit un intérêt de 5 p. 100 sur toutes les sommes dépensées.

7,950 kilomètres de chemins de fer ont été concédés et coûteront 2 milliards 42 millions de francs, soit 256,000 francs par kilomètre.

Le East-India, 2,050 kilomètres, produisait déjà en 1865 5 p. 100 de son capital;

Le Great-India-Peninsula, de 1,985 kilomètres a produit 10 p. 100 de son capital;

Les lignes de Madras sur le Sud, et de Bombay à Baroda ont produit 3 ½ p. 100 dès la première année d'exploitation.

La garantie du gouvernement n'a donc pas à s'exercer bien longtemps, et c'est elle qui a permis, en quelques années, de réaliser une dépense devant laquelle aurait reculé l'industrie privée réduite à ses seules forces.

États-Unis d'Amérique. — « La viabilité des États-Unis, disent MM. Flachat et de Goldschmidt dans leur *Rapport sur l'Exposition de* 1867, est le plus fécond des sujets d'étude parce qu'on ne trouve ailleurs rien de plus significatif sur les services à attendre des voies de communication pour tirer d'un territoire fertile, étendu, riche en minerai, le plus grand parti possible. A ce point de vue, il faut reconnaître que, malgré le nombre et l'étendue des voies navigables de ce pays, les chemins de fer seuls pouvaient réussir à compléter sa viabilité, parce qu'ils peuvent franchir économiquement les plateaux et les chaînes de montagnes; si la traction y est plus dispendieuse que sur les voies navigables, l'établissement en est plus facile et plus rapide. Nulle part donc plus qu'en Amérique les chemins de fer ne sauraient être l'instrument obligé de la colonisation; de là, le prodigieux développement qu'ils ont reçu dans ce pays; ils absorbent aujourd'hui son attention et ses efforts; les voies navigables artificielles et les routes sont à l'arrière-plan. »

Dès 1827, les chemins de fer apparaissaient aux États-Unis, et l'on vient de terminer le Transcontinental qui relie l'océan Atlantique au Pacifique, New-York à San-Francisco.

De 1830 à 1849, d'après M. Malézieux, on avait ouvert 9,594 kilomètres de chemins de fer, 500 kilomètres en moyenne par an. De 1849 à 1869, on en a ouvert 66,000, soit 3,300 kilomètres en moyenne par année.

Les États-Unis doivent donc posséder aujourd'hui 90,000 kilomètres de chemins de fer.

A l'origine, on comptait un nombre immense de compagnies; beaucoup ont fusionné et ont imposé leur volonté au public, après s'être d'abord fait concurrence comme en Angleterre. Il existe encore aujourd'hui 918 compagnies.

Le prix moyen de construction a été de 130,000 francs par kilomètre; mais la plupart des lignes ne sont installées que provisoirement, et se complètent au fur et à mesure.

Aussi ne donnent-elles pas de dividende aux actionnaires, et sont-elles plutôt considérées comme des entreprises destinées à développer et à favoriser le commerce que comme des entreprises industrielles devant donner avant tout un produit rémunérateur du capital engagé.

Allemagne. — En 1867, l'ancienne confédération de l'Allemagne du Nord exploitait 9,279 kilomètres de chemins de fer, ayant coûté 245,000 francs le kilomètre, et donnant un produit net égal à 7,8 p. 100 du capital.

A la même époque, la Bavière avait 1,328 kilomètres de chemins de fer, ayant coûté 243,000 francs le kilomètre et rapportant près de 5 p. 100 du capital de construction.

Le Wurtemberg, le duché de Bade, la Hesse Grand-ducale et divers autres États allemands comptaient 2,718 kilomètres de chemins de fer.

Belgique. — La Belgique est, après l'Angleterre, le pays le plus favorisé sous le rapport des voies de communication,

Son réseau ferré comprend environ 4,000 kilomètres.

En 1866, l'État exploitait directement 2,367 kilomètres.

Ce réseau a coûté environ 290,000 francs par kilomètre. Le produit brut était en 1866 de 30,832 francs par kilomètre et les dépenses s'élevaient à 15,987 francs.

Autriche. — L'Autriche, si bien desservie par le Danube, mais dans un sens malheureusement opposé aux grands courants de la circulation, avait, en 1865, 5,644 kilomètres de chemins de fer qui avaient coûté en moyenne 278,000 fr. le kilomètre.

C'est en Autriche qu'on a pour la première fois abordé et résolu le problème de la traversée des grandes montagnes : Semmering et Brenner. Cette traversée s'opère aujourd'hui d'une manière relativement économique.

Espagne. — L'ensemble des chemins de fer concédés était, en 1867, de 7,018 kilomètres, dont 5,110 en exploitation. Ces chemins de fer ont coûté plus de 300,000 francs le kilomètre et ne donnent guère plus de 2 p. 100 de produit par rapport au capital de construction. Les affluents manquent aux lignes créées et l'activité industrielle de l'Espagne ne s'est pas développée autant qu'on l'espérait.

Russie. — Les chemins de fer sont indispensables à l'unification et au développement des richesses de la Russie. Son gouvernement l'a bien compris et cherche sans cesse à relier en un faisceau unique toutes les provinces de l'empire.

En 1867, 4,513 kilomètres de chemins de fer étaient en exploitation et 1,649 en construction; le réseau s'augmente chaque année d'environ 500 kilomètres.

Ce sont des ingénieurs français qui ont projeté et exécuté les premières grandes lignes de la Russie.

Suède et Norwége. — La Suède possédait, en 1867, 1,740 kilomètres de chemins de fer, ayant coûté 103,000 francs le kilomètre, et presque tous exploités par l'État.

En Norwége, on comptait 359 kilomètres de chemins de fer, dont 292 construits avec la voie étroite de 1m,06, au prix de 68,000 francs le kilomètre.

Italie. — Au 1er janvier 1867, l'Italie comptait :

5104	kilomètres de chemins de fer	en exploitation.	
1290	—	—	construction.
2534	—	—	concédés.

Soit en tout : 9,000 kilomètres environ, qui sont présumés devoir coûter 325,000 francs le kilomètre.

Suisse. — Environ 1,300 kilomètres de chemins de fer.

En 1867, le réseau des chemins de fer d'Europe avait une étendue de 80,000 kilomètres, ayant coûté 28 milliards. L'augmentation était 3,600 kilomètres par an, absorbant 1,400 millions de francs.

TRAFIC PROBABLE D'UNE LIGNE DE CHEMIN DE FER.

L'exploitation d'une ligne de chemin de fer est une entreprise industrielle, dont il faut évaluer les recettes et les dépenses, afin de reconnaître s'il est possible de balancer les unes par les autres et de trouver en outre une juste rémunération du capital engagé.

Les dépenses sont faciles à connaître; on sait aujourd'hui d'une manière suffisamment exacte ce que coûtent à construire et à exploiter les lignes placées dans telles ou telles conditions. Connaissant le capital de construction, on en calcule l'intérêt, amortissement compris; le second terme de la dépense, les frais d'exploitation, est variable avec le trafic et avec le profil de la ligne ; il y a bien peu de cas où on puisse l'évaluer à moins de 6,000 francs par kilomètre et par an.

La difficulté que présente l'évaluation des recettes annuelles est beaucoup plus considérable. Plusieurs méthodes sont en usage à cet effet :

La plus simple et la plus exacte consiste à rechercher dans les lignes du voisinage déjà existantes celles qui se rapprochent le plus, comme topographie et comme trafic, de la ligne qu'on veut construire. On trouvera par comparaison la recette kilométrique probable du chemin projeté. Les nombreux exemples, que nous donnerons ci-après, permettront d'aborder facilement cette étude.

On a souvent recours aussi aux relevés de la circulation effectués sur les routes par le service des ponts et chaussées; les comptages indiquent combien il passe par jour de voitures publiques ou particulières affectées au transport des voyageurs, et combien de voitures à marchandises. Le comptage se fait par colliers; on admet qu'à un collier de voiture légère correspond un certain nom-

bre de voyageurs, d'ordinaire on adopte le nombre de 2 à 3 voyageurs par collier; de même, on admet qu'à chaque collier de voiture à marchandises correspond un transport de 700 à 1,200 kilogrammes. Il est bien facile de comprendre qu'une pareille méthode donne pour ainsi dire les résultats que l'on veut et n'offre aucune chance d'exactitude; il est du reste difficile de distinguer, dans l'ensemble de la circulation, ce qui reviendra au chemin de fer et ce qui continuera à circuler sur les routes ordinaires. En général, l'évaluation faite d'après les comptages est beaucoup trop élevée; il ne faut donc y recourir que sous toutes réserves et n'accorder qu'une confiance restreinte aux résultats qu'on en tire.

La méthode, imaginée par M. l'ingénieur Michel et nettement exposée par lui dans les *Annales des ponts et chaussées* de mars et avril 1868, est de beaucoup préférable; nous allons en donner une analyse sommaire :

On commence par mettre de côté toutes les grandes usines et exploitations industrielles, car elles donnent lieu à un trafic tout spécial, qu'il est presque toujours facile d'évaluer; on connaît la quantité de marchandises qu'elles reçoivent et expédient chaque année, et la connaissance de la recette en découle naturellement.

Cette source spéciale de produits étant analysée séparément, « l'expérience apprend, dit M. Michel, que le mouvement des voyageurs est dans un certain rapport avec le chiffre de la population d'une contrée. Ce rapport peut varier d'un pays à l'autre avec l'aisance, les habitudes, la nature des travaux; mais il reste à peu près constant, d'une année à l'autre, dans le même pays.

« D'autre part, les produits sont aussi en rapport avec la population. Si la surface cultivable augmente, toutes choses égales d'ailleurs, la population augmentera. Le chiffre des exportations, produit du travail des hommes, et le chiffre des importations pour la consommation locale dépendent donc du nombre des habitants.

« En étudiant un chemin de fer construit depuis quelques années dans une vallée bien définie et en comparant le chiffre du trafic à celui de la population desservie, on déterminera le coefficient à appliquer pour évaluer le trafic probable d'une ligne projetée dans une région analogue. »

M. Michel a déterminé ce coefficient pour les diverses régions de la France, d'après les relevés officiels fournis par les compagnies.

Comme caractéristique de la population d'une région, il a pris celle des principaux groupes où se trouvent placées les véritables stations (haltes non comprises); il a éliminé les grandes villes et leur banlieue, les stations industrielles et les villages dont la population est inférieure à 1000 habitants; car les stations qui se trouvent dans des villages de ce genre sont généralement établies pour desservir un centre important situé en dehors de la direction du chemin de fer.

Le rapport entre les voyageurs expédiés et le nombre des habitants d'une station oscille entre 4 et 9; la moyenne générale est 6,50.

Dans les régions pauvres du Midi et de l'Ouest, le rapport ne descend guère au-dessous de 4.

Dans le Nord et l'Est, on trouve quelques lignes qui atteignent 9.

Pour le mouvement des marchandises, le rapport est en moyenne de $2^t,10$ par habitant; il varie de $1^t,40$ à 3 tonnes.

En adoptant les moyennes 6,5 et 2,10 on ne commet pas une erreur de plus de $\frac{1}{5}$ en plus ou en moins.

Considérons maintenant un embranchement de longueur l, remontant une vallée secondaire et relié à une seule ligne; soit une station située à une [illegible]istance d de l'embranchement, elle expédie v voyageurs par an, et comme tous [illegible]s voyageurs reviennent, ils parcourent la distance $2vd$; si t est la demi somme [illegible] marchandises expédiées et reçues, le parcours kilométrique de l'ensemble [illegible]marchandises est $2dt$.

[illegible]uantités v et t sont proportionnelles à la population p de la station e[illegible]

$$v = mp, \quad t = np.$$

E[illegible]par T le trafic kilométrique moyen, le trafic total de la ligne est T[illegible]'o[illegible]relation :

$$T = \frac{2\Sigma(v+t)d}{l} = \frac{2(m+n)\Sigma pd}{l}.$$

Si l'on c[illegible]he le[illegible]ntre de gravité de la population échelonnée le long de la ligne, et [illegible]n dé[illegible]ne par (gl) la distance de ce centre de gravité à l'embranchement[illegible]trou[illegible]a :

$$[illegible] = \frac{\Sigma pd}{\Sigma p}, \quad \text{d'où :} \quad T = 2g(m+n)\Sigma p.$$

Généralement, le centre important est au bout de la vallée, et la fraction g est à peu près égale à $\frac{2}{3}$, ce qui donne :

$$T = \frac{4}{3}(m+n)\Sigma p.$$

Le prix du transport d'un voyageur à un kilomètre est de 0f,05 (non compris l'impôt) et le prix du transport d'une tonne est 0f,06; la recette kilométrique k de la ligne projetée sera donc

$$K = 2g\Sigma p(0{,}05m + 0{,}06n).$$

Adoptons pour m et n les moyennes 6,5 et 2,10; la formule précédente deviendra :

$$K = 0{,}90.g.\Sigma p.$$

et, si l'on fait $g = \frac{2}{3}$, on arrivera à la formule simple

$$K = 0{,}60\,\Sigma.p,$$

c'est-à-dire que chaque habitant représentera une recette kilométrique annuelle de 60 centimes.

Ces formules appliquées aux petites lignes existantes, en ayant soin d'adopter les coefficients qui conviennent au pays, conduisent à des résultats conformes à ceux de la réalité.

Soit une petite ligne ayant coûté 100,000 francs le kilomètre; l'intérêt de construction est de 6,000 francs, la dépense d'exploitation 6,000 francs, dépense totale annuelle : 12,000 francs par kilomètre. Pour couvrir cette dépense il faudra que l'ensemble des stations compte au moins 20,000 habitants.

Mais, ainsi que le fait remarquer M. Michel, une ligne peut ne pas faire ses

frais et néanmoins n'être pas infructueuse au point de vue de la richesse publique, et c'est dans cette idée qu'on peut trouver la justification de l'existence de beaucoup de petites lignes.

En effet, la présence du chemin de fer réalise sur les frais de transport une économie considérable, même en ne tenant pas compte des améliorations pour ainsi dire morales qu'elle apporte à l'existence.

L'économie sur les frais de transport est sensiblement égale à la recette elle-même; donc, dans les conditions moyennes, on peut évaluer la recette totale directe et indirecte d'une petite ligne au double de la quantité que nous avons trouvée tout à l'heure, c'est-à-dire à $1,20\Sigma p$.

Seulement, pour que la compagnie trouve alors un produit rémunérateur, la recette effective n'étant que la moitié de ce qui précède, il faudra que les populations, départements ou communes, lui accordent une subvention kilométrique telle que l'intérêt de cette subvention représente précisément le chiffre $0,60\Sigma p$.

C'est à ce point de vue particulièrement qu'il convenait d'appeler l'attention du lecteur sur les calculs ingénieux de M. Michel.

DÉPENSES DE CONSTRUCTION ET D'EXPLOITATION DE QUELQUES LIGNES DE CHEMINS DE FER.

1° **Chemin de fer de la Loupe au Mans, 1857.** — D'après la notice de M. l'ingénieur A. Martin, les dépenses de construction se sont décomposées comme il suit :

Acquisitions de terrains et indemnités accessoires. — La largeur moyenne de l'emprise est de $33^m,71$, y compris les gares et stations. Le prix de l'hectare a été en moyenne de $6,953^f,03$, soit $23^f,44$ pour le terrain par mètre courant de voie.

Sur le chemin de Rouen au Havre, le prix du terrain par mètre linéaire de voie a été de 103 francs, de 74 francs sur le chemin du Nord, 79 francs sur le chemin de Paris à Lyon, 57 francs sur le chemin de Paris à Strasbourg.

Terrassements. — Le cube moyen de tous les terrassements effectués sans distinction de nature a été de $38^m,73$ par mètre courant de chemin, occasionnant une dépense de $47^f,23$. Sur le chemin d'Orléans, cette dépense a été de 67 francs, et de 66 francs sur le chemin de Strasbourg. Le prix moyen du mètre cube de terrassement a donc été de $1^f,19$ pour fouille, charge, transport et emploi en remblai; au chemin de Paris à Orléans, ce prix avait été de $1^f,53$.

Ouvrages d'art. — La dépense moyenne relative aux ouvrages d'art a été de $35^f,31$ par mètre courant. Sur le chemin de Strasbourg elle a atteint 54 francs et 198 francs sur le chemin de Versailles (rive droite).

Passages à niveau. — La construction des passages à niveau a occasionné une dépense de 4,435 francs par kilomètre, et chaque passage à niveau est revenu en moyenne à 6,716 francs.

Travaux divers. — Les chaussées de chemins latéraux déviés ont coûté 1,475 francs par kilomètre, les dépenses en régie 6,405 francs, les dépenses diverses 2,651 francs, les frais de personnel et de surveillance 2,600 francs.

Ballast et voie. — Le ballast et la voie, avec les gares à voyageurs et à marchandises, le matériel roulant, ont coûté 146,300 francs le kilomètre.

Le prix total de revient a été de 269,845 francs.

2° **Chemin de fer de Saint-Germain-des-Fossés à Roanne.** — D'après la notice de M. l'ingénieur Croizette Desnoyers, la dépense moyenne, sur cette ligne de 66 kilomètres de longueur, s'est élevée par kilomètre à 291,452 francs et cette dépense se décompose comme il suit :

Frais généraux.	7.589
Acquisitions de terrains et indemnités accessoires.	26.564
Terrassements et ouvrages accessoires.	109.051
Routes et chemins..	5 722
Grands ouvrages d'art.	93.603
Ouvrages d'art divers..	33.137
Stations.	12.447
Maisons de garde, barrières, etc..	3.339
Total.	291.452

3° **Construction de diverses lignes du réseau d'Orléans.** — Dans plusieurs notices insérées aux *Annales des ponts et chaussées*, M. l'inspecteur général Morandière, directeur des travaux neufs de la Compagnie d'Orléans, a donné des détails fort intéressants sur les prix de revient de plusieurs sections du réseau. Nous lui empruntons divers tableaux :

TABLEAU RÉSUMÉ DES DÉPENSES POUR LES CHEMINS DE FER DE POITIERS A LA ROCHELLE DE TOURS AU MANS ET DE NANTES A SAINT-NAZAIRE.

NATURE DES DÉPENSES PAR KILOMÈTRE.	POITIERS A LA ROCHELLE	TOURS AU MANS.	NANTES A St-NAZAIRE.	ENSEMBLE DES 3 CHEMINS
Personnel et frais d'études..	6.352	4.638	5.564	5.664
Acquisitions de terrains..	16.903	21.648	70.056	28.785
Terrassements et ouvrages d'art..	82.496	88.778	126.559	93.095
Ballastage..	10.814	5.582	10.017	9.093
Établissement des voies.	54.942	46.751	57.048	48 372
Constructions diverses..	36.362	16.291	28.854	28.879
Matériel et mobilier..	3.322	1.514	2.627	2.645
TOTAL. . . .	202.191	185.202	300.385	216.415

« Pour ces trois chemins, les terrains ont été achetés, les terrassements et tous les ouvrages d'art ont été exécutés pour deux voies ; seulement on n'a posé qu'une seule voie ; mais les gares ont été pourvues de toutes les voies de garage et de toutes les voies de service nécessaires pour une bonne exploitation, et les bâtiments eux-mêmes ont été établis de manière à permettre, sans aucun dérangement, l'adjonction de voies plus nombreuses si le trafic venait à prendre un plus grand développement. »

DÉTAIL DES DÉPENSES KILOMÉTRIQUES POUR LA LIGUE DE POITIERS A LA ROCHELLE (158 KILOMÈTRES.)

NATURE DES DÉPENSES.	DÉPENSE kilométrique.	NATURE DES DÉPENSES.	DÉPENSE kilométrique.
	fr.		fr.
1. Personnel des frais d'études. . .	6.352	REPORT.	161.074
2 Acquisitions de terrains..	16.903	Stations.	28.885
3. Terrassements et ouvrages d'art..	—	Maisons de garde, puits, pavages et barrières..	3.625
Travaux de terrassement.	59.076	Clôtures.	2.134
Ouvrages d'art.	23.420	Guérites, mâts de signaux, télégraphie, poteaux.	1.074
4. Ballastage.	10.814	Construction pour l'aliment. d'eau	644
5. Établissement des voies..	—	7. Matériel et mobilier.	—
Rails..	24.039	Mobilier pour les gares.	672
Éclisses, boulons d'éclisses. . . .	»	Grues de chargement, bascules et divers..	543
Coussinets, chevillettes, coins.. .	5.179	Matériel pour l'alimentation d'eau d'eau et les dépôts.	2.107
Traverses..	8.214	TOTAL. . . .	202191
Sabotage et pose des voies, y compris transport..	4.037		
Croisements et changements de voie	1.074		
Plaques tournantes.	2.325		
Divers.	1.074		
6. Constructions diverses.	—		
A REPORTER. . . .	161.074		

Le cube de ballast employé par mètre linéaire de voie a été de $3^{m},06$, tassement compris.

Le prix d'un mètre linéaire de voie avec rails à double champignon de $5^{m},50$ de longueur, pesant $36^{kg},30$ le mètre linéaire, se décompose comme il suit :

DÉSIGNATION DES OUVRAGES.	QUANTITÉS.	PRIX ÉLÉMENTAIRES.	DÉPENSES.
UNE TRAVÉE DE $5^{m},50$.	kil.	fr.	fr.
2 rails pesant chacun 200 kilogr. ensemble. . .	400	262.50	105.00
12 coussinets pesant en moyenne 9 kil. ensemble	108	173.00	18.68
2 paires d'éclisses, pesant ensemble.	»	»	»
8 boulons d'éclisses pesant ensemble.	»	»	»
24 chevillettes pesant chacune $0^{k},27$..	6.48	450.00	2.92
12 coins en bois..	12	0.125	1.50
6 traverses cubant en moyenne $0^{m},09$..	6	6.00	36.00
Sabotage des traverses..	6	0.15	0.90
Ensemble pour une longueur de $5^{m},50$.			165.00
Soit pour un mètre linéaire..			30.00
Pose des voies, compris transports et divers accessoires			4 00
Ballastage $3^{m},06$ à 2 fr. 82..			8.60
Total.			42.60
Ajoutant les dépenses relatives aux croisements et changements de voie et aux plaques tournantes.			2.74
Total du mètre linéaire de voie.			45.34

La dépense moyenne d'un passage à niveau s'est élevée à 6,897 francs, dans

laquelle somme la maison entre pour 5,220 francs, le puits pour 905 francs, les pavages pour 364 francs, et les barrières pour 408 francs.

La dépense de clôture par mètre courant de chemin a été de 2f,13.

Chemin de Paris à Tours par Vendôme. — Le chemin de Paris à Tours par Vendôme a son embranchement à Bretigny, station de la ligne de Paris à Orléans. Entre Bretigny et Châteaudun, on trouve plusieurs pentes et rampes de 7 à 8 millimètres; au delà, les pentes et rampes ne dépassent pas 6 millimètres par mètre. Sauf trois courbes de 500 mètres de rayon, tous les raccordements s'effectuent par des rayons d'au moins 600 mètres.

Le cube des terrassements a été de 23m,50 par mètre courant, et la dépense kilométrique s'est décomposée comme il suit :

Frais généraux de toute nature (non compris l'intérêt pendant la construction)	9.113 fr.
Acquisitions de terrains	24.631
Terrassements	49.872
Ouvrages d'art, compris maisons de garde	33.846
Stations, compris l'alimentation d'eau, le matériel fixe et tous les accessoires	24.342
Voies de fer, compris tous les accessoires et même les clôtures	62.432
Total	204.236 fr.

4° Chemin de fer de Vitré à Fougères. — C'est un des premiers chemins établis conformément à la loi du 12 juillet 1865 relative aux chemins de fer d'intérêt local. Voici, d'après M. Debauge, ingénieur-conseil de la Compagnie, la décomposition des dépenses de construction :

Frais généraux d'administration, y compris les intérêts pendant la construction (études définitives 700f, surveillance des travaux 1700f, intérêts 1500f)	5.700 fr.
Acquisitions de terrains	7.800
Terrassements (1f,20 le mètre cube en moyenne)	8.100
Ouvrages d'art de toute nature (le viaduc à la traversée de la Vilaine entre pour moitié dans ce prix)	7.300
Ballastage (1m,60 par mètre courant à 2f,73 le mètre cube)	4.600
Voie de fer (rails vignole de 30k, éclissés avec traverses espacées d'un mètre	21 000
Voies de service et de garage	362
Matériel fixe (changements et traversées de voies, plaques tournantes)	1.038
Stations, maisons, mobilier, grues, bascules, télégraphie, alimentation d'eau, clôtures	5.000
Matériel roulant	5.000
Total par kilomètre	67.500 fr.

Telle est la dépense de premier établissement, qui a dû se trouver depuis notablement augmentée. La voie du chemin de fer est à 1m,50 de largeur comme pour les grandes lignes; les pentes n'excèdent pas 0m,015, et les rayons des courbes ne descendent pas au-dessous de 300 mètres. Le matériel roulant a été strictement réduit à ce qu'exigeaient les premières prévisions du trafic : il comprenait, pour 37 kilomètres de longueur, trois locomotives, quatre voitures à voyageurs et vingt wagons à marchandises ; l'exploitation se fait en navette avec trois trains par jour dans chaque sens.

5° Chemin de fer Franco-Suisse. — M. l'ingénieur en chef Ruelle a rendu compte, dans les *Annales des ponts et chaussées de* 1865, des dépenses de construction et d'exploitation du chemin de fer franco-suisse. Il a montré que, dans

les pays difficiles, les chemins de fer occasionnaient toujours des dépenses de construction bien supérieures aux évaluations ordinaires :

« Peut-être arriverons-nous, dit-il, à rectifier les illusions qu'on aime encore à se faire et cette idée beaucoup trop répandue qu'il est possible de construire des chemins de fer à bon marché dans tous nos départements, même les plus accidentés, d'y faire circuler avec succès des locomotives, malgré les fortes rampes et les courbes de faible rayon, et d'y recueillir un trafic suffisant pour compenser les dépenses.

« Si un semblable espoir peut se réaliser dans des pays plats, n'offrant ni des cours d'eau importants ni des accidents sensibles dans le relief du sol, comme le sont certaines parties de l'Angleterre et de l'Allemagne, il n'en saurait être de même dans les régions montagneuses du centre, de l'est et du midi de la France, où les terrassements et les ouvrages d'art représenteront toujours, quoi qu'on fasse, une dépense très-considérable.

« L'organisation de Compagnies nouvelles, à côté de celles qui ont le monopole des grands réseaux, est une idée encore plus chimérique, si l'on espère arriver ainsi à des économies dans les frais d'administration, de construction et d'exploitation. A-t-on déjà oublié le sort réservé aux Compagnies des chemins de fer de Lyon-Genève, du Dauphiné, etc. ? et ne tient-on aucun compte des exemples analogues qui sont encore sous nos yeux ? Quant à nous, nous croyons fermement que la plupart des projets qui surgissent de tous côtés sont irréalisables sans une très-forte subvention de l'État.

« De plus, nous chercherons à démontrer combien les avantages que la locomotive présente comme moteur vont en diminuant à mesure qu'on l'emploie sur des rampes plus fortes, et combien les frais de traction s'accroissent rapidement. »

Voici le sous-détail des dépenses de construction de la ligne du Val-de-Travers (35 kilom.) :

Frais d'étude et surveillance des travaux (par kilomètre). . . .	9.250 fr.
Acquisitions de terrains.	17.199
Terrassements pour deux voies.	115.400
Ouvrages d'art pour deux voies.	139.970
Pose de ballastage pour une voie.	40.060
Gares, stations et prises d'eau.	10.160
Dépenses générales, intérêts pendant la construction.	41.573
Administration centrale.	6.043
Total par kilomètre.	379.655 fr.

Et cependant les travaux ont été exécutés avec autant d'économie que possible ; mais, dans un pays aussi accidenté, il fallait nécessairement des terrassements et des travaux d'art considérables.

En 1860, la recette brute kilométrique de la ligne franco-suisse a été de 11,045 francs, et les frais d'exploitation 10,632 francs ; en 1862, la recette brute n'atteignait que 14,044 francs ; en 1864, 15,359 francs.

On voit donc que la progression du trafic n'est pas rapide, et encore l'accroissement des recettes a été plus que balancé par les dépenses complémentaires résultant de travaux de consolidation et de défense.

Il est impossible, avec des profils aussi accidentés que ceux qu'on adopte en pays de montagnes, d'obtenir une exploitation économique.

Ainsi, les lignes du Dauphiné et de la Savoie, rachetées par la Compagnie

P.-L.-M., ont coûté 300,000 francs le kilomètre; en 1864, elles donnaient 13,624 francs de recette kilométrique brute, et 11,328 francs de frais d'exploitation.

Le prix kilométrique des trains du Franco-Suisse était, en 1861, de 2f,69 pour la section dite du Littoral, où les rampes ne dépassent pas 1 centimètre; il s'est élevé à 3f,19 pour la section des Verrières, qui a des rampes continues de 2 centimètres.

M. Ruelle admet, pour le prix kilométrique des trains, une moyenne de 3 fr. se décomposant comme il suit :

Administration centrale et frais généraux.	0f,16
Exploitation proprement dite.	1f,14
Matériel et traction.	1f,00
Surveillance, entretien et réfection de la voie et des bâtiments. .	0f,70
Total égal.	3f.00

Or, si l'on veut se reporter aux calculs de traction que nous avons donnés dans le chapitre IV, on reconnaîtra que la charge utile des trains de marchandises et le prix de revient du transport par tonne et par kilomètre sont de :

Par rampe de	0,005	156	tonnes et	0f,019
—	0,010	115	—	0f,026
—	0,020	56	—	0f,054
—	0,030	32	—	0f,094

Ainsi les prix de transport augmentent très-rapidement sur un réseau accidenté; le chargement moyen d'un train de marchandises, sur le réseau P.-L.-M., dont les grandes artères sont si favorables à la traction, a été de 185 tonnes; la recette brute moyenne (0f,058 par tonne kilométrique) a été de 10f,73 par kilomètre et par train, d'où un bénéfice de 7f,73.

« Ce qui précède, dit en terminant M. Ruelle, prouve péremptoirement que l'économie résultant des transports par voie de fer s'atténue bien vite avec les fortes rampes, et qu'il y a lieu de tenir grand compte de ce nouvel élément dans le calcul et l'appréciation des dépenses de tout genre que nécessiteront l'exécution et l'exploitation des nouvelles lignes dans les contrées montagneuses. »

Note sur les chemins de fer suisses. — En 1867, les Compagnies suisses comptaient 1,200 kilomètres en exploitation, ayant coûté 341,000 francs le kilomètre.

La recette kilométrique brute était de.	22.437 fr.
Et les frais d'exploitation atteignaient.	10.460
Recette nette.	11.977

Ainsi, pour 100 de recette brute, il n'y a que 53 pour 100 de produit net.

Le rendement des voyageurs de tout le réseau suisse est de 10,000 francs par kilomètre; pour le réseau français, il est de 15,000 fr.; le rendement des marchandises est à peu près égal à celui des voyageurs, tandis qu'en France il est le double de ce dernier.

En Suisse, le produit des voyageurs couvre les dépenses d'exploitation.

Dans les frais d'exploitation, les dépenses de traction entrent pour $\frac{3}{7}$; en France, elles ne dépassent guère $\frac{2}{8}$; cela tient aux fortes déclivités que présentent plusieurs lignes du réseau suisse.

L'influence des fortes rampes sur le prix de revient du train kilométrique a été bien nettement mise en évidence au passage du Semmering. Ce prix atteignait 8f,71 pour les trains de marchandises, et 4f,92 pour les trains de voyageurs, soit en moyenne 6f,50 ; il est vrai que le passage présente des courbes à petit rayon avec des rampes continues de 0m,025.

Ligne de Landstuhl à Cusel (Palatinat). — M. l'ingénieur Krafft a donné, en 1869, quelques renseignements sur la ligne de Landstuhl à Cusel, construite comme peuvent l'être nos chemins de fer d'intérêt local.

Elle est longue de 29 kilomètres, et son profil est très-favorable sous le rapport des pentes ; on s'est attaché en plan à suivre les sinuosités du sol, et les courbes et contre-courbes ne sont souvent séparées que par des alignements droits d'une longueur insignifiante.

Tous les bâtiments sont établis sur des modèles simples et peu coûteux. On n'a installé de clôtures que dans les prairies où les bestiaux pouvaient pénétrer sur la voie.

On n'a pas économisé sur la voie : le ballast a 3m,50 de largeur en couronne et 0m,40 de hauteur ; il en passe un cube de 1m,70 au mètre courant, et il est d'excellente qualité. Il y a par rail six traverses en sapin injecté de 2m,50 de longueur.

Les passages à niveau sont fermés par des chaines, et la plupart sont manœuvrées à distance.

Les dépenses de premier établissement ont été les suivantes :

Frais généraux, administration et personnel.	23.385 fr
Plate-forme ballastée.	50.696
Voie et stations.	40.402
Matériel roulant.	11.767
Divers.	2.719
Dépense totale par kilomètre. . . .	128.969 fr.

Les frais généraux pourront paraître élevés, mais il faut tenir compte des intérêts du capital engagé pendant la période de construction.

Lignes du Bas-Rhin. — Les lignes du Bas-Rhin ont été construites comme chemins vicinaux, avant que la loi de 1865 ne fût votée. Elles relient Strasbourg à Barr, Mutzig et Wasselonne, et présentent une longueur de 49 kilomètres, dans un pays plat où la voie se maintient presque partout au niveau du sol.

Grâce au concours de tous, le prix de revient de ces lignes a été très-faible, et représente un minimum qu'il sera presque partout impossible d'atteindre :

1° Frais du personnel employé par la Compagnie de l'Est pour l'achèvement de la construction; non compris les frais d'études, de projets, de surveillance, d'administration.	3.100 fr.
2° Acquisition de terrains (1 hectare 89 centiares par kilomètre).	19.900
3° Terrassements et ballast.	23.000
4° Ouvrages d'art.	4.100
5° Voie de fer avec rails vignole de 35 kilog. (y compris voies accessoires).	28.300
6° Stations, ateliers, remises, prises d'eau, télégraphe etc..	16.900
Total.	95.300
Intérêts des capitaux avancés par la Compagnie pendant la construction. . .	2.000
Total.	97.300
A quoi il convient d'ajouter pour le matériel roulant.	20.000
Total général.	117.300

OBSERVATIONS SUR LES CHEMINS DE FER ÉCONOMIQUES.

Après avoir longtemps méconnu les avantages des chemins de fer, on en est venu en bien des pays à se les exagérer et à croire qu'ils pouvaient développer le trafic dans une mesure indéfinie. Sans doute ce moyen de transport, rendant la circulation plus facile et moins chère, augmente le nombre des voyageurs et rend possible l'exportation de marchandises qui, sans lui, devraient nécessairement se consommer sur place. Mais il est une limite à sa puissance, et cette limite est bien vite atteinte lorsqu'il s'agit d'un pays accidenté, à population clair-semée, dénué d'industrie.

Il est donc prudent de se mettre en garde contre des illusions, qui détourneraient les ressources publiques et celles de la spéculation d'entreprises plus utiles à la prospérité du pays.

Des ingénieurs compétents et impartiaux ont étudié la question sous toutes ses faces, et nous croyons utile d'analyser ici leurs travaux qui éclaireront le lecteur.

Note de M. Ruelle sur les chemins de fer à bon marché. — C'est seulement à l'aide de subventions considérables, accordées par l'État sous forme de travaux et d'argent, que les principales artères de la France ont pu se construire.

La concentration des lignes multiples entre les mains de six grandes Compagnies a permis de réaliser sur l'exploitation des économies considérables ; elle a permis, en outre, de combler, avec les bénéfices des bonnes lignes de l'ancien réseau, le déficit signalé sur les lignes du nouveau réseau ; néanmoins, la garantie d'intérêt accordée par l'État au nouveau réseau est loin d'être illusoire et absorbe chaque année une somme considérable. Si ces lignes du nouveau réseau avaient été dispersées entre les mains de nombreuses Compagnies, il est clair que le résultat eût été une ruine générale des obligataires et actionnaires.

On en trouve un exemple frappant dans les vicissitudes du Grand-Central, du Lyon à Genève, du Dauphiné, du Victor-Emmanuel, etc.

« Les échecs multipliés, dit M. Ruelle, d'une foule de sociétés qui semblaient très-viables à l'origine et qui ont occasionné tant de désastres financiers, ne peuvent s'expliquer que par les raisons suivantes :

1° Les frais généraux beaucoup trop considérables qu'entraînent toutes ces administrations isolées ;

2° Les marchés onéreux (pour ne pas dire plus) passés avec des entrepreneurs à forfait ;

3° Le taux élevé auquel il a fallu contracter des emprunts pour faire face à un excédant de dépenses non prévu et se révélant successivement ;

4° La disproportion qui s'est presque toujours manifestée entre les frais de construction et d'exploitation, et la faiblesse relative du trafic ;

5° Souvent l'insuffisance et l'incurie des conseils d'administration, chargés de veiller sur le bon emploi de capitaux aussi considérables, et dont les membres étaient parfois intéressés dans les marchés de fournitures et de travaux. »

Après avoir présenté et analysé les frais d'établissement de plusieurs lignes secondaires et tertiaires, M. Ruelle arrive aux conclusions suivantes :

1° Les chemins de fer à 100.000 fr. le kilomètre ne sont réalisables que dans les régions les plus faciles où le tracé peut être établi à fleur du sol et où, par suite les terrasse-

ments et les ouvrages d'art ne dépassent pas.	25.000 fr.
2° Pour ces lignes à bon marché, la voie, le matériel fixe, les stations et les maisons de garde reviendront en moyenne à.	45.000
3° Les frais d'études et de personnel, les terrains et les intérêts pendant la construction monteront environ à.	30.000
Total.	100.000 fr.
Le matériel roulant pour le trafic le plus faible et le nombre de trains le plus restreint ne pouvant guère être évalué à moins de 15000 fr. par kilomètre, les recettes brutes kilométriques du chemin serviront d'abord à couvrir une première somme de.	6.325 fr.
Représentant l'intérêt à 5,5 p. 100 du capital de construction, puis une seconde somme de.	5.675
Total.	12.000 fr.

Correspondant aux frais d'exploitation réduits à leur minimum, sans même tenir compte des annuités relatives à la réfection de la voie et du matériel roulant.

Il faudra donc que les recettes s'élèvent au moins à 12,000 francs.

Dès que les lignes en question pénétreront dans des pays plus accidentés, le capital de construction s'accroîtra d'une façon très-sensible. A chaque augmentation de 40,000 francs correspondra une nouvelle somme de 2,200 francs pour l'intérêt annuel, et, comme les pentes et rampes deviendront plus fortes, comme on aura besoin de multiplier les courbes de petit rayon, il en résultera un accroissement des frais d'exploitation, dont le minimum dans ces cas-là ne saurait être fixé à moins de 6,000 à 7,000 francs par kilomètre, même en laissant de côté la dépense plus considérable afférente aux locomotives et wagons. En sorte que tout chemin de fer, exécuté avec le plus d'économie possible, dans une contrée montagneuse, et revenant au prix de 160,000 francs avec son matériel roulant, nécessitera, pour couvrir ses frais, une recette brute kilométrique de 15,000 francs; pour tout chemin de fer coûtant 200,000 francs par kilomètre, la recette devra être d'au moins 18,000 francs. »

Observations sur les chemins à bon marché, par M. Morandière. — Dans une première note publiée en 1869, M. l'inspecteur général Morandière insiste sur les points suivants :

On ne doit chercher aucune économie sur les frais d'études et les frais généraux. Les études très-complètes sont indispensables si l'on veut arriver à un tracé économique, car elles permettent seules d'arrêter bien nettement à l'avance les profils et les ouvrages d'art, et de rechercher un tracé économique.

Les acquisitions de terrains varient d'un pays à l'autre, et les estimations du jury ménagent quelquefois de lourds mécomptes. L'intervention directe des communes pourrait amener les propriétaires à faire des concessions qu'ils n'accorderont jamais à une Compagnie.

L'économie dans les terrassements et dans les ouvrages d'art est entièrement liée à une étude attentive du terrain.

L'obligation de payer l'intérêt des sommes avancées pendant les travaux augmente notablement les frais de construction; dans les pays où la plupart des actions et obligations seraient souscrites par les intéressés on pourrait peut-être se dispenser d'en payer l'intérêt pendant les deux ou trois premières années.

Sur le ballast on ne peut faire d'économie; sur la voie de fer, la réduction du poids des rails ne constitue pas une grosse diminution de dépense : substituer des rails de 30 kilogrammes à ceux de 36,5, c'est économiser 2,860 francs par

kilomètre de voie ; avec des rails de 25 kilogr., l'économie est de 5,060 francs.

Pour tenir compte des voies accessoires, il faut multiplier par $1^m,25$ la longueur totale de la ligne.

Si l'on veut créer une voie vraiment économique, il faut adopter la voie étroite de $1^m,10$ de largeur, comme on l'a fait à Mondalazac.

Quant à ce qui est d'économiser, soit sur le ballast, soit sur le poids des rails de la voie ordinaire, il ne faut pas entrer dans cette idée, on achèterait une faible économie au prix d'un grave inconvénient. « En revanche, on doit s'appliquer, pour tous les accessoires, à ne faire que le nécessaire, tout en ménageant l'avenir avec le plus grand soin. Ainsi, pour les gares, il faudra rechercher des emplacements où l'on puisse s'étendre successivement ; il sera fort utile d'acquérir de suite d'assez larges superficies de terrains, et l'on devra tout disposer en vue du développement du trafic à espérer un jour ; mais on devra n'établir à l'origine que les voies de service et les constructions réclamées dès le premier jour par les besoins de l'exploitation. »

Une seconde note de M. l'inspecteur général Morandière, insérée aux *Annales des ponts et chaussées de* 1870, met en relief des résultats expérimentaux et des observations remarquables ; nous croyons devoir la reproduire en entier :

« Le ministre des travaux publics, dit M. Morandière, vient de faire dresser, pour chacune des Compagnies de la Méditerranée, d'Orléans, du Nord, de l'Ouest, de l'Est et du Midi, des tableaux qui donnent, par chemin, les dépenses de premier établissement et les résultats de l'exploitation de l'année 1868, et qui se résument de la manière suivante :

DÉSIGNATION DES OBJETS.	MONTANT TOTAL.	PAR KILOMÈTRE.
§ 1er. ANCIEN RÉSEAU. (LONGUEUR : 9,195 KILOMÈTRES.)		
	francs.	francs.
Subventions du trésor	736.341.049	85.520
Dépenses faites par les Compagnies	3.786.705.875	411.822
Dépense totale pour le premier établissement (A)	4.573.049.924	497.342
Produits bruts de l'exploitation	538.864.211	58.604
Dépenses	229.457.180	24.955
Reste pour produits nets	309.405.046	33.649
Intérêts à 5 1/2 des dépenses de premier établissement (A)	251.517.546	27.354
Bénéfice	57.888.300	6,295
§ 2e. NOUVEAU RÉSEAU. (LONGUEUR : 6,519 KILOMÈTRES.)		
Subventions du trésor	374.869.000	57.504
Dépenses faites par les Compagnies	2.277.432.141	349.353
Dépense totale pour le premier établissement (B)	2.652.301.141	406.857
Produits bruts de l'exploitation	117 435.312	18.014
Dépenses	73.982.751	11.349
Reste pour produits nets	43.450.561	6.665
Intérêts à 5 1/2 des dépenses de premier établissement (B)	145.876.563	22.377
Insuffisance	102.426.002	15.712

Il est à remarquer que, pour chacune des six Compagnies, pas un seul chemin du nouveau réseau ne se suffit à lui-même.

Le tableau suivant présente d'ailleurs, pour l'ensemble des lignes du nouveau réseau, ces mêmes résultats détaillés par Compagnie :

DÉSIGNATION DES COMPAGNIES.	LONGUEUR TOTALE.	DÉPENSE KILOMÉTRIQUE DE PREMIER ÉTABLISSEMENT.	PRODUIT BRUT.	DÉPENSE D'EXPLOITATION.	PRODUIT NET.
LIGNES DU NOUVEAU RÉSEAU.					
	kil.	fr.	fr.	fr.	fr.
Méditerranée	324	657.700	17.400	12.300	5.100
Orléans	1 343	441.932	15.820	9.420	6.400
Ouest	1.993	332.481	11.926	8.105	3.821
Midi	921	341.360	11.809	8.815	2.994
Ensemble	4.581	389.695	14.054	9.308	4.746
Nord	406	441.029	23.253	13.229	10.024
Est	1.532	458.078	28.468	16.953	11.515
Ensemble	6.519	406.857	18.014	11.349	6.665

On sait que le nouveau réseau de la Compagnie du Nord contient des lignes très-bonnes, et que le nouveau réseau de l'Est contient la ligne de Mulhouse, dont la recette kilométrique, sur une longueur de 481 kilomètres, s'élève à 43,570 francs. Pour les quatre autres Compagnies, la recette kilométrique moyenne est seulement de 14,054 francs.

Enfin le tableau ci-dessous, extrait également des tableaux dressés par le ministère pour l'année 1868, donne les chiffres relatifs à divers chemins, qui ont tous une certaine importance, et qui ont une situation bien déterminée :

DÉSIGNATION DES COMPAGNIES ET DES CHEMINS.	LONGUEUR.	DÉPENSE KILOMÉTRIQUE DE PREMIER ÉTABLISSEMENT.	PRODUIT BRUT.	DÉPENSE D'EXPLOITATION.	PRODUIT NET.
1° COMPAGNIE D'ORLÉANS.					
	kil.	fr.	fr.	fr.	fr.
Poitiers à la Rochelle et à Rochefort	158	223.000	18.780	11.840	6 940
Savenay à Landerneau et à Napoléonville	350	274.000	8.730	7.820	910
Montauban à Rodez	201	757.016	11.340	7.690	3.650
Auray à Napoléonville (seul)	51	»	2.651	»	»
Montauban à Lexos (seul)	66	»	4.686	»	»
Montluçon à Limoges	137	313.700	12.910	9.600	3.310
Poitiers à Limoges	111	214.600	11.740	8.590	3.150
2° COMPAGNIE DE L'OUEST.					
Rennes à Redon	70	353.918	11.480	8.065	3.415
Rennes à Saint-Malo	81	328.972	12.485	8.932	3.553
Rennes à Brest	249	412.651	12.907	8.003	4.904

DÉSIGNATION DES COMPAGNIES ET DES CHEMINS.	LONGUEUR.	DÉPENSE KILOMÉTRIQUE DE PREMIER ÉTABLISSEMENT.	PRODUIT BRUT.	DÉPENSE D'EXPLOITATION	PRODUIT NET.
3° COMPAGNIE DU MIDI.					
Mont-de-Marsan à Tarbes.	99	280.753	9.820	8.775	1.045
Toulouse à Bayonne.	374	275.497	13.667	7.937	5.730
Graissessac à Béziers.	52	376.621	14.353	13.764	589
4° COMPAGNIE DE L'EST. CHEMINS D'ALSACE.					
Strasbourg à Barr, Mutzig et Wasselonne.. . . .	49	99.245	9.910	8.919	991
Hagueneau à Niederbronn.	20	99.000	8.000	8.000	»
Sainte-Marie-aux-Mines à Schelestadt.	21	129.476	7.000	7.700	—(700)

Les faits qui précèdent embrassent une période de trente années.

Ils comprennent 15,714 kilomètres de chemins de fer, et une dépense de plus de 7 milliards, exactement 7,225,351,065 francs.

Tous les chiffres sont extraits des livres de comptabilité des Compagnies, et ces chiffres donnent la situation financière de chaque réseau.

On paraît aujourd'hui très-disposé, il est vrai, à critiquer l'élévation des dépenses faites pour la construction des chemins de fer existants; mais on oublie trop aisément que les artères principales ont d'abord exigé des rampes faibles, des courbes de grand rayon et, par suite, des mouvements de terres considérables et de nombreux ouvrages d'art.

Et l'on oublie en outre que le montant des dépenses de premier établissement comprend les frais généraux et tous les intérêts, qui grossissent si rapidement le capital employé dans la construction des chemins de fer, parce que les travaux durent un certain temps, et parce qu'on reporte, sur ce capital de premier établissement, toutes les insuffisances de recettes des premières années, ainsi que toutes les dépenses des travaux complémentaires.

En général, on ne rencontrera pas de difficultés de premier ordre pour les nouveaux chemins à construire, et l'adoption de fortes rampes permettra encore d'établir ces chemins avec des dépenses relativement faibles.

Mais les intérêts, que les actionnaires veulent recevoir pendant la construction des travaux, et qu'il faut alors prélever sur le capital même, ces intérêts et les insuffisances des premières années de l'exploitation viendront ajouter un chiffre considérable aux dépenses de premier établissement; et nous croyons que l'on ne se préoccupe pas suffisamment :

1° Des dépenses certaines provenant du payement des intérêts ;

2° Des travaux complémentaires que les développements successifs de l'exploitation rendront absolument nécessaires.

En Belgique, où la dépense kilométrique des premiers chemins de fer construits en 1836 ne s'était d'abord élevée qu'à la faible somme de 72,276 francs, les mêmes causes sont venues successivement augmenter les dépenses, et le *Moniteur des intérêts matériels* du 3 novembre 1863 a fait connaître que, pour l'ensemble des 569 kilomètres de chemins demeurés la propriété de l'État, la dépense kilométrique s'est élevée :

Dès 1837, à.	126.321 fr.
En 1839, à.	152.765
En 1841, à.	197.855
En 1843, à.	247.432
En 1850, à	298.941
En 1860, la dépense kilométrique atteignait.	340.615

Parmi les chemins construits dans ces dernières années, un grand nombre sont comparables à ceux qui restent à établir; et, si on consulte attentivement les tableaux détaillés que vient de publier le ministère, on demeurera bien convaincu qu'il sera prudent de ne pas compter sur une dépense kilométrique moindre de 300,000 francs, matériel roulant et tous accessoires compris.

Sans doute la construction proprement dite du chemin de fer coûtera beaucoup moins, surtout si, dès l'origine, il ne doit y avoir qu'un faible trafic et si on ne fait que le nécessaire.

Mais bientôt, nous devons le répéter, il faudra ajouter :

Les insuffisances de recettes, avec les intérêts croissant toujours;

Les augmentations de matériel roulant;

Les travaux complémentaires pour les stations, les voies, les plaques tournantes, etc.

Les faits constatés chez toutes les Compagnies, pour les chemins du nouveau réseau, qui existent déjà depuis un assez grand nombre d'années, ne permettent pas d'admettre, à moins qu'on ne veuille fermer les yeux à la lumière, qu'il soit possible d'établir, avec des dépenses sensiblement moindres, des chemins susceptibles d'un trafic un peu important.

Toutes les personnes qui ont dressé des états de dépenses, et qui ont eu à tenir compte de la totalité des charges qui pèsent sur des entreprises de cette nature, savent combien le chapitre des accessoires vient grossir celui des travaux.

S'il s'agissait d'un chemin ne devant réellement donner qu'un très-faible trafic, les dépenses pourraient sans doute rester moindres; mais les insuffisances de recettes seraient telles qu'aucune économie dans les dépenses de premier établissement ne pourrait les compenser.

C'est d'après ces considérations que nous venons présenter un état qui donne, d'une manière simple et claire, les résultats que l'on doit attendre de la constrution d'un chemin de fer établi dans des conditions faciles :

§ 1er. DÉPENSES DE PREMIER ÉTABLISSEMENT.

Premier établissement. — 1° Acquisition de terrains et construction de la plate-forme, y yompris les intérêts des fonds engagés pendant la durée des travaux, par kilomètre.	100.000 fr.
2° Établisement des voies et de tous les accessoires de la voie, construction des stations, matériel roulant et divers objets nécessaires pour l'organisation du service; y compris également les intérêts des fonds engagés jusqu'au jour de l'ouverture de l'exploitation; mais en ne faisant à l'origine que le nécessaire le plus indispensable pour un mouvement commercial assez restreint.	100.000
Dépense totale par kilomètre, tous accessoires compris. . . .	200.000
Les intérêts calculés à 5 1/2, compris amortissement, représentent. . . .	11.000 fr.

Ces intérêts doivent comprendre, outre l'amortissement, tous les frais de constitution de société, les frais généraux, les commissions de banque et les pertes de toute nature; et nous ne pensons pas que ce taux puisse être sérieusement contesté.

§ 2. RÉSULTATS DE L'EXPLOITATION.

Exploitation. — 1re Étape. — Pendant les premières années, les recettes brutes atteindront difficilement 8.000, 9.000, 10.000 et 12.000 francs.

Soit en moyenne, pour cette première période de cinq années, par an.	10.000 fr.	
L'exploitation, faite avec la plus grande économie, exigera au moins.	7.000	
Reste pour le produit net.	3.000	3.000
D'où résultera, par année, une première insuffisance de.		8.000
Pour l'ensemble des cinq années, la perte totale sera de.		40.000
Qu'il faudra ajouter au compte de premier établissement.		200.000
Et la dépense kilométrique se trouvera alors élevée à.		240.000
2e Étape. — L'intérêt à 5 1/2, d'une dépense de 240.000 francs sera de. .		13.200 fr.
Si on suppose que les recettes vont toujours en croissant, pendant cette seconde étape de cinq nouvelles années, elles pourront atteindre : 13.000, 14.000, 15.000, 16.000 et 17.000 francs.		
Soit en moyenne, par année.	15.000	
L'exploitation, faite avec la plus grande économie, exigera au moins.	9.000	
Le produit net sera de.	6.000	6.000
Et il en résultera une nouvelle insuffisance de.		7.200
Pour l'ensemble des cinq années, ce sera.		36.000
qu'il faudra ajouter à la dépense kilométrique précédente de.		240.000
Ensemble.		276.000
Mais il deviendra indispensable alors, pour mettre le chemin en rapport avec le développement du mouvement commercial, de compléter les voies de service, les quais, les constructions de diverse nature et le matériel roulant, et on doit admettre au moins à cet effet, par kilomètre, un complément de.		24.000
La dépense totale de premier établissement sera alors de.		300.000

Après une période de dix années, il devrait être temps de fermer le compte de premier établissement, et on se trouvera alors en présence des résultats suivants :

Dépense kilométrique		300.000
Intérêts à 5 1/2, compris amortissement.		16.500
Recette brute.	18.000	
Dépense d'exploitation, au moins.	11.000	
Reste pour le produit net.	7.000	
Insuffisance annuelle.		9.500

Si le capital était tout entier en actions, il recevrait donc un intérêt d'environ 2 ½, dont les souscripteurs pourraient se contenter, si l'établissement du chemin leur eût procuré des avantages d'une autre nature.

Mais si la moitié seulement du capital était en obligations, il y aurait faillite.

Ou bien, pour masquer la situation, il faudrait obtenir de nouveaux chemins, émettre de nouvelles obligations, et payer les intérêts avec une partie du capital du nouvel emprunt, c'est-à-dire préparer pour l'avenir un véritable désastre.

Aussi il est bien certain qu'on ne devrait pouvoir émettre des obligations que dans le but de compléter et d'étendre les installations d'un chemin déjà construit et ayant acquis un revenu assuré.

Pour un chemin bien déterminé, il serait facile de calculer avec plus de précision la dépense réelle de premier établissement.

D'en déduire les subventions de diverse nature qui pourraient être obtenues.

Et d'en conclure les charges qui pèseront sur l'opération.

On pourrait évaluer de même, avec plus ou moins d'approximation, les recettes à espérer immédiatement et pendant les premières années de l'exploitation.

Et en dressant, avec les chiffres ainsi obtenus, un tableau analogue à celui que nous venons de présenter, on arriverait très-rapidement à se rendre compte du résultat à espérer.

Sans doute un aléa considérable subsistera toujours, mais on en connaîtrait la mesure, et on aurait détruit bien des illusions. »

Observations de M. l'inspecteur général Dufresne. — M. Dufresne, inspecteur général des ponts et chaussées, a présenté à ses collègues du Conseil général de la Manche, des considérations pratiques très-intéressantes au sujet des chemins de fer d'intérêt local.

Il a commencé par montrer que la plupart des lignes du nouveau réseau n'arrivaient pas à couvrir les intérêts du capital d'établissement, et que quelquefois même elles constituaient en déficit les Compagnies qui les exploitaient.

Les tableaux ci-après, extraits de la statistique du ministère des travaux publics, mettent le fait précédent en évidence :

DÉSIGNATION DES LIGNES.	LONGUEURS EXPLOITÉES. (kilomètres.)	EXPLOITATION PAR KILOMÈTRE. RECETTES	DÉPENSES.	REVENU POUR CENT DES DÉPENSES FAITES.	OBSERVATIONS.
NOUVEAU RÉSEAU DU NORD.					
Paris à Soissons.	111	33.850	12.756	5.27	francs.
Chantilly à Senlis.	11	7.850	11.545	»	
Amiens à Tergnier..	71	20.048	11.831	3.67	Perte par kil. 3695.
Boulogne à Calais.	40	21.887	14.500	1.81	
Ermont à Argenteuil..	5	75.173	24.600	4.55	
Embranchement de Pontoise..	4	20.911	34.000	»	Perte par kil. 13089.
Amiens à Rouen (pour deux tiers).	87	23.115	13.310	1.93	
NOUVEAU RÉSEAU DE L'EST.					
Noisy-le-Sec à Mulhouse..	481	44.830	23.760	3.28	
Gretz à Coulommiers.	33	12.890	10.570	0.39	
Longueville à Provins.	7	12.150	9.963	0.61	
Flamboin à Montereau..	28	6.330	6.330	»	
Troyes à Bar-sur-Seine..	29	15.790	14.211	0.67	
Blesmes à Chaumont et Chalindrey à Gray.	131	33.740	18.557	2.62	
Nancy à Gray.	176	23.440	15.470	2.43	
Lignes des Ardennes..	418	30.820	19.108	2.69	
Dieuze à Avricourt..	22	9.250	8.787	0.22	
Epinal à Remiremont.	24	10.000	9.000	0.41	
Lunéville à Saint-Dié..	50	13.970	11.176	1.36	
Strasbourg à Barr, Mutzig et Wasselonne..	49	9.970	8.975	1.12	
Hagueneau à Niederbronn.	20	8.140	8.140	»	
Sainte-Marie-aux-Mines à Schlestadt. . . .	21	7.690	8.459	»	Perte par kil. 769.
Châtillon à Chaumont.	43	4.900	7.350	»	Perte par kil. 2450.
NOUVEAU RÉSEAU DE L'OUEST.					
Caen à Cherbourg et Saint-Lô.	149	17.392	12.378	1.25	
Colombes à Argenteuil (Nord).	1	54 258	5.621	6.19	
Laigle à Conches.	40	6.866	8.461	»	Perte par kil. 1595.
Lisieux à Honfleur.	43	18.156	13.424	0.64	
Le Mans à Mézidon et Falaise..	145	31.322	18 576	3.62	
Le Mans à Angers..	95	25.639	15.215	2.47	
Louviers à la ligne de Rouen..	7	9.775	13.622	»	Perte par kil. 3847.
Pont-l'Évêque à Trouville.	11	14.218	13.007	0.25	
Rennes à Redon..	70	11 945	8.389	1.00	
Rennes à Saint-Malo..	81	13.631	9.127	1.37	
Rouen à Amiens (pour un tiers).	44	22 859	14 374	1.74	
Rennes à Brest..	249	12.818	7 671	1.22	
Serquigny à Rouen.	57	33.065	18.678	2.65	
Saint-Cyr à Surdon.	160	25.768	13.670	3.00	
Ceinture (rive gauche) et annexes..	12	37.744	38.034	»	Perte par kil. 290.
NOUVEAU RÉSEAU DE PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE.					
Nuits-sur-Ravière à Châtillon.	35	10.300	7.300	1.20	
Gray à Fraisans.	44	7.690	6.000	0.71	
Saint-Germain-des-Fossés à Clermont. . .	65	26.900	14.700	1.31	
Clermont à Brioude.	70	26.900	14.700	1.31	
Saint-Étienne au Puy.	86	17.200	13.900	0.48	
Brioude à Leangeac.	31	6.300	7.600	»	
NOUVEAU RÉSEAU DU MIDI.					
Mont-de-Marsan à Tarbes..	99	10.336	7.630	0.98	
Boussens à Saint-Girons, Toulouse à Bayonne, Bagnères.	374	14.028	7.884	2.29	
Langon à Bazas.	20	4.646	6 630	»	Perte par kil. 1984.
Perpignan à Port-Vendres.	30	5.533	8.553	»	Perte par kil. 3020.
Graissessac à Béziers.	52	16.074	11.539	1.12	
Castres à Alby.	47	10 265	7.835	1.06	

Même dans l'ancien réseau de nos six grandes compagnies, il y a beaucoup de lignes qui ne donnent pas l'intérêt à 5 p. 100 du capital de construction.

Ainsi, dans l'ancien réseau	du Nord,		Creil à Beauvais ne donne que	2,82 0/0
—	—	de l'Est,	Épernay à Reims	1,36
—	—	de l'Ouest,	Paris à Saint-Germain	3,55
—	—	—	Batignolles à Auteuil	1,56
—	—	—	Asnières à Versailles	1,59
—	—	—	Mantes à Caen	4,28
—	—	d'Orléans,	Brétigny à Tours par Vendôme	1,87
—	—	—	Nantes à Brest	0,49

« En présence de ces faits, on se demande comment les grandes compagnies peuvent exister avec des pertes ainsi répétées sur une foule de points. Les grandes compagnies ne vivent que parce que chacune d'elles a un très-petit nombre de lignes, quelquefois une ou deux seulement, qui donnent des bénéfices énormes, lesquels permettent de combler tous les déficits et de distribuer encore des dividendes aux actionnaires. C'est ainsi que sur le réseau de Lyon-Méditerranée, la ligne de Paris à Marseille, d'une longueur de 872 kilomètres et ayant coûté 654 millions, donne un produit net de 76 millions 14,000 francs, pendant que le reste du réseau, présentant un parcours de 3,073 kilomètres et ayant coûté 1 milliard 707 millions 500,000 francs, donne une perte annuelle de 28 millions 147,000 francs. C'est-à-dire que c'est la ligne de Paris à Marseille qui soutient tout le réseau et que sans elle la compagnie en serait réduite à faire faillite.

« Cette circonstance, qui est la raison d'être des grandes compagnies, puisqu'elle a permis de grouper autour de quelques lignes exceptionnellement avantageuses un grand nombre de chemins qui autrement auraient été absolument impossibles, prouve clairement que bien placés, c'est-à-dire pour de grandes distances et de grands trafics, les chemins de fer sont des instruments merveilleux; que mal placés, au contraire, ils ne peuvent être que des instruments de ruine. »

Revenant au département de la Manche, l'auteur ajoute :

« Quelles circonstances exceptionnelles peut-on invoquer pour justifier l'établissement de la ligne de Carteret à Carentan et de celle de la vallée de la Selune? Quel est l'esprit assez optimiste pour admettre qu'elles donneront de meilleurs résultats que les lignes qui figurent sur le tableau n° 1 et tout particulièrement, pour ne pas sortir de la Normandie, que la ligne de Laigle à Conches et que celle qui relie Louviers à Elbeuf et à Rouen? Toutes deux donnent des pertes annuelles qui, pour la seconde, atteignent 3,017 francs par kilomètre. Et pourtant il s'agit ici de centres industriels d'une grande importance. Chez nous il n'y a rien de semblable; bien plus, par sa configuration géographique qui en fait une véritable presqu'île, par son industrie qui est à peu près exclusivement agricole, qui n'est par suite concentrée nulle part, qui possède d'ailleurs des moyens de transport qu'elle devrait toujours conserver et qui suffisent pour les petites distances, notre département est moins qu'un autre appelé à créer utilement des voies ferrées.

« Mais on me dit, et par là on croit repondre à tout : Vos exemples ne s'appliquent qu'aux grandes compagnies ; or, elles construisent très-chèrement, elles exploitent plus chèrement encore. Il en sera tout autrement des chemins de fer d'intérêt local.

« Si les grandes compagnies construisent chèrement, c'est qu'elles n'admettent que de faibles pentes et des courbes à grand rayon; c'est qu'elles font de bons travaux et surtout qu'elles les finissent complétement afin de n'avoir plus à y revenir, ce qui est toujours fort coûteux; si elles exploitent chèrement, c'est qu'elles ont des trains nombreux marchant souvent à grande vitesse et enfin qu'elles sont soumises, au point de vue de la sécurité des voyageurs, à des mesures très-complètes et très-sévères. Il y a lieu de remarquer tout d'abord que ces différentes circonstances sont de nature à augmenter le trafic et que dès lors il doit y avoir compensation, puisqu'il s'agit en définitive d'une question de revenu. Mais voyons si les chemins de fer d'intérêt local administrés économiquement, comme on dit, donnent réellement les résultats qu'on annonce.

« Examinons, par exemple, le chemin de Vitré à Fougères, que la commission du conseil général a pris elle-même pour point de comparaison. J'ignore où son honorable rapporteur a puisé les renseignements qu'il a insérés dans son travail, mais il faut que sa bonne foi ait été surprise. J'ai sous les yeux le dernier compte rendu officiel présenté à l'assemblée générale des actionnaires, et j'y vois, page 7, que le bénéfice net de la ligne, en 1870, a été de 14,475f,03, ce qui ne donne que 391 francs par kilomètre. J'ajouterai que dans le calcul des dépenses, dont le détail se trouve à la page 74, on n'a pas tenu compte de la double annuité relative au renouvellement de la voie et à celui du matériel roulant. Aujourd'hui tout est encore neuf; mais dans quelques années il faudra commencer à remplacer ce qui sera usé; or pour la voie il faut compter au moins 0f,25 par kilomètre et par train, ce qui, pour les 37 kilomètres de la ligne, donne par an 730 francs. Pour le matériel, je trouve toujours dans le compte rendu officiel (page 20) que ce matériel a coûté 214,839f,83, soit 5,806 francs par kilomètre. L'expérience a appris qu'il fallait compter un déchet annuel de 8 p. 100; ici cette base sera trop faible, car le matériel de la compagnie est surmené, parce qu'il est insuffisant, si bien qu'il a fallu en louer pendant l'année, pour 9,801 francs (p. 24). Nous admettrons cependant 8 p. 100 seulement, soit 464 francs par kilomètre qui, ajoutés aux 730 francs de la voie, donnent une annuité totale de 1,194 francs. On arrive ainsi pour toute la ligne à une somme de 44,178 francs. — La différence entre ce chiffre et celui de 14,475 francs indiqué plus haut est de 29,703 francs. Ainsi, on voit que c'est par un déficit d'à peu près 30,000 francs, et nullement par un bénéfice, que s'est soldé, en 1870, le compte de la ligne de Vitré à Fougères.

« J'aurais très-vivement désiré avoir également des renseignements précis sur les autres chemins d'intérêt local actuellement exploités et notamment sur ceux du département de l'Eure et celui de Briouze à la Ferté-Macé, dans l'Orme. Mais je n'ai pu obtenir rien de postif, et je ne veux donner ici que des chiffres incontestables. Le silence que l'on garde sur ces chemins, car jusqu'à ce jour il n'a été publié aucun compte rendu, n'est pas de bon augure, et il est de nature à justifier les impressions de l'opinion publique, d'après laquelle ces chemins seraient loin de se trouver dans une situation favorable. Un seul d'entre eux passe pour marcher avec un succès relatif, c'est celui de Pont-de-Larche à Gisors, dans l'Eure. Mais il se trouve précisément dans une de ces situations exceptionnelles auxquelles je faisais allusion en commençant. Placé à la limite des départements de l'Eure et de la Seine-Inférieure, il dessert la riche vallée de l'Andelle qu'il met en communication avec la ligne de Paris à Rouen. 26 grandes filatures de coton ou de laine, dont une entre autres a coûté plus de 3 millions et qui, dans leur ensemble, représentent près de 400,000 broches, les fonderies

de cuivre de Romilly, la grande sucrerie d'Étrépagny, des moulins à foulon et à blé, un grand commerce de bois, enfin les produits d'une agriculture perfectionnée, tels sont les éléments de trafic que l'on rencontre ici, et pourtant dans la pensée d'ingénieurs bien placés pour savoir ce qui se passe sur ce point, dans la pensée aussi d'industriels qui se servent journellement de cette ligne, le produit brut ne ferait guère que couvrir les frais d'exploitation. Quant aux autres chemins du département de l'Eure, l'opinion publique est persuadée qu'ils ne font pas leurs frais.

« Ce qui se passe sur les chemins construits et exploités par de petites associations n'est donc nullement de nature à infirmer les conclusions auxquelles nous sommes arrivé précédemment. »

M. Dufresne montre ensuite que les routes départementales, les chemins vicinaux et ruraux du département de la Manche exigent une série de travaux s'élevant à plus de 25 millions.

« Et c'est en présence d'une telle situation que l'on ose proposer de construire des chemins de fer. D'un côté, il s'agit de voies de communication qui répandront partout l'aisance et la vie, qui donneront à l'agriculture, la véritable industrie de notre pays, un développement d'autant plus grand qu'il s'appliquera à la communauté tout entière ; de voies de communication qui atteindront jusqu'à la moindre ferme et qui, répondant ainsi à toutes les exigences d'une bonne justice distributive, créeront sur toute la surface du département une véritable richesse ; de voies de communication enfin dont l'urgente nécessité est reconnue par tout le monde, par tout le monde absolument. De l'autre côté, au contraire, il s'agit d'entreprises qui ne donneraient satisfaction qu'à des localités tout à fait restreintes, qui pourtant épuiseraient toutes nos ressources et qui, laissant ainsi le reste du département en souffrance, ne tiendraient aucun compte de la justice distributive dont je parlais tout à l'heure; d'entreprises pour lesquelles rien ne presse, car, nous ne saurions trop le répéter, elles n'intéressent que des localités tout à fait restreintes, et ce que les départements voisins peuvent faire ou ne pas faire à cet égard est pour nous chose complétement indifférente; d'entreprises enfin que toutes les personnes qui se sont occupées de chemins de fer regardent comme déplorables et au sujet desquelles les plus hardis restent certainement dans le doute.

« Comment dans une telle alternative pourrait-on balancer? Si jamais des voies ferrées d'intérêt local sont possibles dans notre département, c'est seulement lorsque les chemins, grands et petits, qui doivent exclusivement nous préoccuper aujourd'hui, auront développé sa richesse. En même temps qu'ils auront créé des produits, ces chemins seront les affluents qui les apporteront aux voies ferrées. Laissons donc celles-ci au moins pour le moment ; appliquons toutes nos ressources à nos voies de terre, et tout d'abord donnons-leur les 4 millions que le conseil général paraît disposé à emprunter. Pendant que nous ferons ces utiles travaux, nous verrons ce qui se passera chez nos voisins, et nous profiterons de leur expérience soit pour nous abstenir, soit pour les imiter, parce qu'alors le moment d'agir sera venu pour nous.

« Je crois que la sagesse la plus vulgaire veut que nous adoptions cette marche. En suivre une autre ce serait mettre la charrue avant les bœufs ; ce serait, comme dans la fable, lâcher la proie pour l'ombre; en un mot, ce serait tout à la fois violer les règles du bon sens et sacrifier les plus chers intérêts du département. »

Conclusion. — De ce qui précède ressort nettement la conclusion suivante :

Les chemins de fer d'intérêt local, construits où à construire dans le système à large voie, n'arriveront pas de longtemps à couvrir les intérêts de leur capital de construction ; plusieurs même ne sont pas en mesure de couvrir les frais d'exploitation.

Est-ce à dire pour cela qu'il faut renoncer à ces lignes si vivement réclamées de toutes parts ? Non, certes, car à côté de leur produit palpable, il faut voir aussi tous les avantages qui résultent de la présence d'une voie ferrée, avantages qui ne se chiffrent pas, mais qui n'en sont pas moins vivement ressentis par les populations.

En toute justice, ce serait donc aux populations à contribuer dans une large mesure aux dépenses de construction des nouvelles lignes, et l'industrie ne devrait prendre à sa charge que la part à laquelle l'exploitation peut donner un produit rémunérateur.

Enfin, il ne faut pas croire que la présence d'un chemin de fer fait naître le commerce et développe le trafic d'une manière indéfinie.

On peut considérer que, dans un pays, à une époque donnée, il est un certain nombre de chemins de fer nécessaires ; accroître ce nombre n'augmenterait pas la richesse générale du pays et absorberait au contraire des ressources qui pourraient être plus utilement employées.

Construire trop de voies ferrées, ce serait suivre les conseils du *Fâcheux* de Molière :

> Vous voyez le grand gain, sans qu'il faille le dire,
> Que de ses ports de mer le roi tous les ans tire;
> Or l'avis dont encor nul ne s'est avisé
> Est qu'il faut de la France, et c'est un coup aisé,
> En fameux ports de mer mettre toutes les côtes.

CHEMINS DE FER

TABLE DES MATIÈRES

Description des machines :

SYSTÈMES EXCEPTIONNELS DE TRACTION :

CHAPITRE V.

Gares et Stations. — Entretien. — Exploitation.

CHAPITRE VI.

Considérations économiques.

PARIS. — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH, 1.

3

MANUEL
DE L'INGÉNIEUR
DES PONTS ET CHAUSSÉES

PARIS. — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH 1

MANUEL

DE L'INGÉNIEUR

DES PONTS ET CHAUSSÉES

RÉDIGÉ

CONFORMÉMENT AU PROGRAMME

ANNEXÉ AU DÉCRET DU 7 MARS 1868

RÉGLANT L'ADMISSION DES CONDUCTEURS DES PONTS ET CHAUSSÉES
AU GRADE D'INGÉNIEUR

PAR

A. DEBAUVE

INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES

14me FASCICULE

Notions sur la construction des bâtiments

CODE DU BATIMENT

PARIS

DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES

49, QUAI DES AUGUSTINS, 49

1875

NOTIONS SUR LA CONSTRUCTION DES BATIMENTS

PROGRAMME

1. Maçonnerie. — Construction et proportions des murs; refends, bossages. — Colonnes, pilastres, arcades; portes et fenêtres. — Voûtes employées dans la construction des bâtiments.

2. Charpente. — Disposition et proportion des pans de bois; remplissage en maçonnerie; poteaux. — Disposition et proportion des planchers, des combles à deux et à plusieurs égouts. — Étaiement des bâtiments.

3. Menuiserie et serrurerie. — Planchers, parquets, cloisons, portes, châssis vitrés. — Principales applications du fer à la construction des bâtiments; supports, planchers et fermes en fer forgé ou en fonte; poutres armées.

4. Couvertures. — En tuiles, en ardoises, en zinc et en fer galvanisé. — Chéneaux et tuyaux de descente.

5. Escaliers. — En pierre, en bois et en fonte; proportion des marches.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE Ier.

Maçonnerie.

CHAPITRE II.

Charpente.

Étaiement des bâtiments.

CHAPITRE III.

Menuiserie.

CHAPITRE IV.

Serrurerie et ferronnerie.

CHAPITRE V.

Couverture.

CHAPITRE VI.

APPENDICE

CODE DU BATIMENT

Des expertises.

Alignement et autorisation de construire ou réparer le long des routes nationales ou départementales (grande voirie).

Voirie de Paris.

VOIRIE URBAINE EN GÉNÉRAL.

SALUBRITÉ ET ASSAINISSEMENT DES VILLES.

ÉTABLISSEMENTS INSALUBRES.

NOTIONS

SUR LA

CONSTRUCTION DES BATIMENTS

CHAPITRE PREMIER

MAÇONNERIE [1]

CONSTRUCTION ET PROPORTIONS DES MURS

Construction des murs. — Les murs se construisent en gros ou en petits matériaux, réguliers ou irréguliers ; presque toujours on associe les gros matériaux réguliers avec les petits matériaux réguliers ou non.

A l'origine des constructions en pierre, on employait de gros blocs à faces bien dressées, assemblés sans mortier et enchevêtrés entre eux ; c'est ainsi qu'ont été élevés ces murs attribués aux populations primitives de la Grèce, aux Pélasges : ils sont formés de blocs polygonaux dont les faces sont juxtaposées.

Mais on arriva bien vite à adopter la forme parallélipipédique qui se prête mieux à l'exécution du travail et qui, si elle ne réalise pas un enchevêtrement aussi parfait des matériaux, possède néanmoins une résistance considérable aux efforts verticaux, et c'est cette résistance surtout que l'on recherche dans les murs.

Lorsque l'on construit un mur avec des pierres de taille parallélipipédiques, il arrive rarement qu'on dispose d'un nombre de grosses pierres assez considérable pour occuper toute l'épaisseur du mur ; il convient du reste de rechercher un certain enchevêtrement. On dispose alors les pierres par carreaux, boutisses et parpaings (fig. 1, pl. I).

[1] Dans cette partie du *Manuel de l'Ingénieur*, nous n'aurons qu'à présenter la description des ouvrages ; nous ne parlerons pas des moyens d'exécution que l'on trouve détaillés dans les sections relatives à la charpente, à la coupe des pierres, à l'exécution des travaux.

Une pierre est en carreau (*b*) lorsque sa plus grande face se trouve sur le parement du mur; elle est en boutisse (*c*) lorsque sa plus grande dimension est normale au parement, sans toutefois traverser complétement le mur; enfin, c'est un parpaing (*a*) lorsqu'elle traverse complétement le mur et forme parement par ses deux bouts. Les parpaings sont très-utiles pour établir la solidarité entre les divers éléments de la construction.

Quelquefois, lorsqu'on a un gros mur à construire, on se contente d'établir les parements en pierre de taille et, dans le coffre ainsi formé, on place de la maçonnerie en petits matériaux, par exemple un blocage en moellons ou en béton; cette manière de construire est périlleuse; le retrait, la compressibilité des mortiers, sont bien moindres dans la maçonnerie de pierre de taille que dans la maçonnerie ordinaire, et par suite, il se forme des cassures à la surface de séparation, le parement se détache du remplissage et la construction manque de solidité.

Lorsqu'on associe ainsi des maçonneries différentes, il faut avoir soin de pilonner et de comprimer la partie faite en petits matériaux; il faut en outre chercher à établir une certaine solidarité entre les deux massifs, c'est alors que l'usage des parpaings et des boutisses est recommandable.

Cet usage est préconisé par Vitruve lui-même; les Romains employaient sur une vaste échelle la maçonnerie de remplissage en petits matériaux; comme l'a montré M. l'ingénieur Choisy, leurs murs de fondation se composaient de couches alternatives de petites pierres et de mortier que l'on comprimait de manière à faire pénétrer celui-ci dans les interstices de celles-là; les murs de face avaient des parements en pierres taillées ou en briques de grandes dimensions, avec des remplissages en petits matériaux posés à bain de mortier et enfoncés au marteau.

Un certain rapport doit exister entre les dimensions des pierres de taille: une pierre, trop longue eu égard à sa section, peut se trouver en porte à faux par suite d'un léger tassement, et elle est exposée à se rompre. On ne donne pas aux pierres ordinaires une longueur supérieure à quatre fois leur hauteur, et pour les pierres très-dures on ne dépasse guère cinq fois.

A mesure que le prix de la main-d'œuvre a augmenté, à mesure qu'on a perfectionné la confection des mortiers et ciments, on a réduit autant que possible l'emploi des gros matériaux.

Outre que ceux-ci ne se trouvent point partout, ils ont l'inconvénient d'exiger des moyens tout spéciaux de transport et de bardage; les petits matériaux au contraire se rencontrent dans bien des pays, ils sont faciles à transporter et à mettre en œuvre, et conduisent à des résultats économiques très-remarquables, sans cependant nuire à la solidité lorsqu'ils sont réunis par une gangue susceptible d'atteindre une dureté égale à celle de la pierre.

Avec les ciments dont on dispose aujourd'hui, l'usage des petits matériaux a tendance à se propager de plus en plus; certains architectes font encore un emploi exagéré de la pierre de taille.

La disposition qui consiste à adopter des assises de hauteur égale, à joints régulièrement découpés, constitue l'opus isodomum des Romains.

Lorsque, pour utiliser les divers bancs d'une carrière, on adopte des assises de hauteur alternativement différente, on a ce qu'on appelle l'opus pseudisodomum.

Aujourd'hui, et c'est une habitude que nous avons prise aux Romains, on associe les gros et les petits matériaux; les lignes principales, l'ossature de

l'édifice sont nettement indiquées par des chaînes de pierres de taille, et les intervalles entre les chaînes sont remplis avec de petits matériaux. Cette disposition économique a l'avantage de peindre aux yeux la structure générale de l'édifice.

On distingue dans ce genre :

L'opus incertum, figure 2, planche I, dans lequel le remplissage est formé de moellons juxtaposés, dont les faces en parement sont polygonales et irrégulières.

L'opus reticulatum, figure 3, planche I, dans lequel le remplissage est formé de moellons ou de briques à tête carrée, cette tête étant posée avec sa diagonale verticale.

Dans ce cas, on adopte en général des assises horizontales continues en petits matériaux, de manière à séparer entre eux les panneaux réticulés.

Aujourd'hui, l'opus incertum est encore fréquemment employé et conduit à de bons effets; il coûte cher lorsque l'on veut avoir des joints minces et des têtes bien dressées, mais si l'on conserve la tête irrégulière des moellons et que l'on exécute de bons joints avec du mortier de ciment, on arrive sans grande dépense à obtenir un excellent effet.

L'opus reticulatum a pour ainsi dire disparu.

L'opus pseudisodomum se rencontre fréquemment sous forme d'assises de moellons séparées par plusieurs assises de briques.

En recourant à des briques de diverses couleurs, on arrive à composer des dessins agréables à l'œil, et on donne à certains édifices un aspect riant qu'on n'obtiendrait pas avec la pierre de taille.

La brique seule n'est guère employée; cependant on obtient d'excellents effets en recourant à des briques diversement colorées et à des briques spéciales dont on compose des moulures, des modillons et des corniches. L'association des chaînes en pierres de taille et de la brique paraît cependant préférable à l'usage de la brique seule.

Lorsque la chose est possible, il est toujours préférable de laisser apparaître en parement les matériaux mêmes qui composent un massif ; mais cette manière de faire est assez coûteuse, à cause de la préparation des têtes et du rejointoyement. Lors donc qu'on veut construire économiquement, on exécute en maçonnerie de béton ou de blocage et on recouvre cette maçonnerie d'un enduit de plâtre ou de ciment donnant une surface lisse.

Dans ce cas, il faut avoir grand soin de diviser la surface vue en une série de panneaux de dimension moyenne, car les grandes surfaces enduites en plâtre ou en ciment se crevassent par suite du retrait, ou bien des lignes de suture très-apparentes se manifestent ; ce dernier effet se produit surtout avec les enduits de ciment.

Les panneaux peuvent concourir à l'ornementation de l'édifice si on y dessine des cadres ou des losanges ou tout autre figure régulière.

Quelquefois, on a recouvert des massifs de maçonnerie avec des plaques de marbre, de porcelaine ou de bronze; on arrive ainsi à un bel effet décoratif, mais on masque le mode de construction.

Les murs se distinguent suivant la position qu'ils occupent et le rôle qu'ils ont à jouer :

Les murs de soutènement sont pressés latéralement, soit par des terres, soit par de l'eau ; dans notre traité des ponts en maçonnerie, nous avons calculé les dimensions des murs de soutènement et nous ne reviendrons pas sur ce sujet.

Les murs de clôture ont en moyenne 3 mètres de hauteur, avec une épaisseur de $0^m,40$; leurs fondations, peu chargées, sont d'ordinaire descendues à $0^m,80$ ou 1 mètre de profondeur, et la fondation fait saillie de $0^m,05$ à $0^m,10$ de chaque côté du parement du mur proprement dit; cette fondation est établie par redans lorsque le mur est dirigé suivant une ligne inclinée, afin que le massif ne vienne pas à glisser sur sa base. Les murs de clôture sont recouverts d'un chapeau ou chaperon protecteur, le chaperon s'oppose à la pénétration des eaux pluviales qu'il rejette à l'extérieur, car il fait saillie sur les parements du mur. Les chaperons sont à un ou à deux égouts, suivant que le mur n'est pas ou est mitoyen; dans les cas où il n'y a qu'un égout, celui-ci amène les eaux sur la propriété à laquelle appartient le mur. On fait des chaperons en pierre, en tuiles, en ardoises, en chaume, en crépi ; mais le plus simple aujourd'hui est de recourir aux tuiles spéciales à recouvrement moulées en forme de chaperon.

La dénomination de mur de face se comprend d'elle-même ; dans un édifice de quelque importance, le mur de face a $0^m,60$ à la base ; on donne toujours un léger fruit aux murs de face, $0^m,002$ par mètre, et cette précaution est nécessaire surtout lorsqu'on a des enduits à poser. Lorsqu'un mur de face s'élève au-dessus de la corniche de manière à aller supporter le faîtage et les pannes du toit, et à se terminer en triangle, c'est un pignon.

Les murs de refend ou les refends sont les gros murs intérieurs qui, avec les murs de face, soutiennent les planchers et constituent le squelette de l'édifice.

Proportions des murs. — Si l'on pouvait considérer un mur comme un monolithe soumis uniquement à son propre poids, et que ce mur eût une épaisseur constante, cette épaisseur serait indépendante de la hauteur, et le mur se tiendrait debout tant qu'on ne dépasserait pas la hauteur correspondant à la charge d'écrasement, hauteur très-considérable comme nous l'avons vu en parlant de la résistance des matériaux.

Mais un mur trop mince ferait l'effet d'une feuille de papier et s'affaisserait sur lui-même. Il faut qu'un mur puisse résister à de légères déformations accidentelles et à toutes les impulsions horizontales ou obliques qui lui sont transmises soit par les vents, soit par les édifices qu'il supporte.

Considérons en particulier un mur de hauteur h, de densité d et d'épaisseur x, sur lequel le vent exerce une pression p par mètre carré; par mètre courant de mur, la force de renversement est ph, avec un bras de levier $\frac{h}{2}$, la force résistante est dhx avec un bras de levier $\frac{x}{2}$, l'équilibre sera assuré si l'on donne à x une valeur supérieure à celle qui résulte de l'équation

$$\frac{ph^2}{2} = dh\frac{x^2}{2}, \qquad x = \sqrt{\frac{ph}{d}};$$

on évalue la pression maxima du vent à 275 kilogrammes par mètre carré, ce qui donnerait approximativement :

$$x = 17\sqrt{\frac{h}{d}}.$$

Cette épaisseur est beaucoup plus forte que celle qu'on adopte dans la pratique, et cela se conçoit, car : 1° le vent n'atteint son maximum d'intensité qu'en

pleine mer ; 2° le mur est comme encastré dans le sol, ce qui lui donne un surcroit de résistance.

Aussi, dans la pratique, détermine-t-on l'épaisseur x par la formule

$$x = 12\sqrt{\frac{h}{d}},$$

admettons que la densité (d) de la maçonnerie est 2,500, la formule précédente se simplifiera et deviendra :

$$x = \frac{12}{48}\sqrt{h} = \frac{1}{4}\sqrt{h}.$$

D'après cela, on donnera à un mur d'un mètre de hauteur		. . . .	$0^m,25$	d'épaisseur.
— — de deux mètres	—	. . . .	$0^m,35$	—
— — de trois mètres	—	. . . .	$0^m,43$	—
— — de quatre mètres	—	. . . .	$0^m,50$	—
— — de neuf mètres	—	. . . .	$0^m,75$	—

Il s'agit, bien entendu, de murs isolés, n'ayant à porter que leur propre poids.

Rondelet donne pour les murs isolés une formule plus simple ; il prend pour l'épaisseur x le huitième de la hauteur.

Un mur d'un mètre d'épaisseur n'aurait alors que			. . . .	$0^m,13$
— de deux mètres	—	—	. . . .	$0^m,24$
— de trois mètres	—	—	. . . .	$0^m,39$
— de quatre mètres	—	—	. . . .	$0^m,52$

Cette formule de Rondelet donne pour les murs de faible hauteur une épaisseur moindre que la précédente, et pour les murs élevés une épaisseur plus considérable.

Pour les murs soutenant un édifice et couvrant par exemple un espace rectangulaire en plan, Rondelet donne la formule suivante, dans laquelle entre la longueur l du mur :

$$x = \frac{lh}{12\sqrt{l^2 + h^2}},$$

on peut obtenir la valeur de x par une construction graphique très-simple (fig. 4).

On construit un triangle rectangle ayant pour côtés la hauteur h et la longueur l du mur ; sur l'hypoténuse (bc) on porte (bd) égal à $\frac{1}{12}$ de la hauteur, et l'horizontale (de) représente la valeur de x, ainsi qu'on le reconnaît facilement par la théorie des triangles semblables.

Appliqué à un mur de 10 mètres de long et de 4 mètres de haut, cette formule donne pour x la valeur $0^m,31$.

Cette épaisseur est moindre que celle d'un mur isolé, et cela se conçoit, car : 1° la charpente est disposée de manière à relier entre eux les murs de l'édifice sans leur transmettre de poussées latérales ; 2° les murs en retour agissent comme des jambes de force pour soutenir le mur de face auxquels ils sont normalement opposés.

S'il s'agissait d'un mur entourant un espace quadrangulaire, mais ne supportant

pas un toit, un mur de jardin par exemple, le coefficient $\frac{1}{12}$ serait trop faible et Rondelet adopte le coefficient $\frac{1}{8}$.

Pour un bâtiment de hauteur h, simple en profondeur, cette profondeur étant égale à L, Rondelet détermine l'épaisseur du mur de face par

$$x=\frac{L+\frac{h}{2}}{24};$$

si le bâtiment est double en profondeur, c'est-à-dire s'il possède un mur de refend parallèle à son mur de face, on prend pour l'épaisseur du mur de face la valeur :

$$x=\frac{L+h}{48}.$$

Pour calculer l'épaisseur d'un mur de refend, tel que (ab), figure 5, on prend la hauteur h' de l'étage supérieur et la largeur l' de la partie (cd) du mur de face qui correspond à ce mur de refend, et on adopte pour x la valeur

$$x=\frac{l'+h'}{36}.$$

On augmente cette épaisseur de 0^{m},015 par étage.

Ainsi, dans une maison à cinq étages, la hauteur des étages étant de 3^{m},50, un mur de refend qui correspondra à une largeur de 10 mètres, aura une épaisseur de 0^{m},37 au sommet, et au rez-de-chaussée une épaisseur de 0^{m},51.

On admet pour les pans de bois la moitié de l'épaisseur d'un mur qui tiendrait leur place.

On voit en somme que toutes les déterminations précédentes sont empiriques; néanmoins il était bon de les faire connaitre, car c'est le seul guide dont on dispose.

Refends et bossages. — Lorsqu'on veut donner à un édifice ou à une partie d'édifice un aspect d'énergie et de solidité, il faut mettre en relief les pierres qui les composent, et c'est du reste un principe général d'indiquer ce qu'on appelle l'appareil, c'est-à-dire les lignes d'assemblage des diverses pierres entre elles.

Lorsqu'on creuse le joint, de manière à ménager une petite rigole entre les deux pierres voisines, on obtient un refend; lorsqu'on ménage pour chaque pierre une partie saillante sur le parement, on obtient un bossage.

Les refends et les bossages se complètent réciproquement.

Le refend simple est représenté par la figure 6 ; généralement on arrondit les arêtes et l'on obtient un bossage, figure 8; pour multiplier les lignes et mieux accuser les jeux d'ombre, on fait suivre le refend d'un bossage avec pan coupé, figure 9, et chaque joint est alors marqué en élévation par quatre lignes.

Si on veut obtenir un grand caractère d'énergie, on adopte des bossages à l'état brut, figure 10, et des refends profonds; cette disposition est d'un bon effet pour le soubassement de certains édifices.

Le pur style grec, sobre d'ornements, n'avait pas recours aux refends et bossages et se contentait des grandes lignes ; à mesure que le goût s'est raffiné, les refends et bossages se sont développés, quelquefois outre mesure; les Romains

dans l'antiquité et les Florentins au moyen âge les ont prodigués et en ont souvent tiré un excellent parti.

Au commencement de la Renaissance, les bossages étaient souvent vermiculés et bordés d'une lisière ciselée.

COLONNES, DISTINCTION DES ORDRES.

Les colonnes sont des supports isolés de toutes parts.

Dans une colonne on distingue trois parties : la base, le fût et le chapiteau.

La base, par laquelle la colonne repose, soit sur un piédestal, soit simplement sur un dallage, est quelquefois absente ; le fût ou corps de la colonne est en forme de tronc de cône ou plutôt de fuseau ; le chapiteau est cette sorte de tête qui termine le fût et qui est plus large que lui, afin de présenter une grande surface d'appui aux masses qu'il supporte.

Sur la figure 11 de la planche I, on distingue nettement ces trois parties des colonnes.

Les colonnes supportent ce qu'on appelle l'entablement, et celui-ci est composé de trois éléments : l'architrave, la frise, la corniche.

L'architrave comprend les longues pierres (*a*,*a*) qui vont d'une colonne à l'autre et forment comme une poutre continue supportée par la colonne.

La frise comprend les pierres (*bb*) posées sur les précédentes dans un sens normal ; elles s'appuient d'un bout sur l'architrave, de l'autre sur le mur de fond ou sur la file de colonnes parallèle à la première file.

Au-dessus de la frise se projettent les pièces inclinées formant la toiture, et l'ensemble de ces pièces constitue la corniche (*c*).

On appelle tailloir le corps carré qui termine le chapiteau et qui reçoit l'architrave.

Pendant longtemps on a considéré les colonnes en pierre comme dérivées des colonnes en bois, mais la réflexion montre bien vite que l'analogie est plutôt superficielle que réelle ; sans doute, les colonnes affectent la forme d'un tronc d'arbre, mais, si l'on construisait avec des poteaux et des pièces de bois une colonnade et son entablement, on aurait un édifice sans solidité ; les poteaux devraient être enfoncés dans le sol et de plus leur tête devrait être réunie à l'architrave, soit par des assemblages, soit par des ligatures, et mieux par des contre-fiches ; or on ne trouve dans les colonnes et entablements en pierres aucune réminiscence de tout cela. Il ne faut donc pas voir l'origine des colonnades dans des constructions en bois analogues ; les colonnes en pierre remontent à la plus haute antiquité, on en trouve en Égypte des spécimens datant des premiers âges et ce sont eux sans doute qui ont servi de modèles aux Grecs.

Ce qui est probable, c'est qu'à l'origine on a dû souvent construire les entablements en charpente, afin d'achever rapidement les édifices : l'architrave pouvait se composer de deux poutres reposant sur les tailloirs dans l'axe de la file de colonnes, et ces poutres supportaient d'autres poutres normales, plus ou moins espacées, dont les têtes, apparentes et plus ou moins décorées, constituaient la frise. Sur les poutres de la frise on trouvait sans doute une sablière longitudinale qui recevait les chevrons et les chêneaux de la toiture ; le tout formait la corniche.

Distinction des ordres. — On appelle ordre en architecture un système de

construction dont tous les éléments sont bien coordonnés et ne font pas disparate entre eux.

Il existe trois ordres naturels, et, quand on en distingue davantage, la distinction ne porte que sur des modifications de détail.

A certains monuments convient une apparence de force et de solidité massive, à d'autres convient une apparence de grâce et de légèreté, la classe intermédiaire cherche à concilier la force et la grâce.

L'idée de la force entraîne celle de la simplicité et de la sobriété dans l'ornementation; l'idée de la grâce au contraire entraîne celle de la décoration et de la richesse ; lorsqu'on allie la force et la grâce, il faut observer un juste milieu dans la décoration.

A ces trois termes, qu'on retrouve en toutes choses, correspondent les trois ordres d'architecture : dorique, ionique, corinthien.

Le dorique, massif, simple et sévère, correspond aux idèes graves ; l'origine en remonte aux premiers temps de la Grèce, presque aux âges héroïques, à une époque où les mœurs conservaient encore leur rudesse et les hommes leur vigueur primitive ;

L'ionique, plus élégant et plus léger, mais encore sobre d'ornements, correspond au siècle de Périclès, à cette transition brillante entre les mœurs anciennes et la décadence ;

Le corinthien, plus léger encore et d'une richesse d'ornementation qui alla sans cesse croissant, représente les idées de luxe et de mollesse ; il a pris naissance à Corinthe, la cité des plaisirs et de l'élégance efféminée.

Certains auteurs, et Vitruve est du nombre, donnent une explication poétique de l'invention des trois ordres :

Les colonies grecques, envoyées en Asie Mineure et ayant pour chef Ion, fils de Xuthus et de Créuse, voulant élever un temple à Apollon, mais ignorant les proportions à donner aux colonnes, adoptèrent une hauteur égale à six fois la largeur de la base, parce que la hauteur de l'homme est égale à six fois la longueur de son pied ; l'ordre dorique était créé.

Voulant plus tard élever un temple à Diane, ils cherchèrent à donner aux colonnes quelque chose de la grâce de la femme, et adoptèrent pour la hauteur totale, huit fois le diamètre de la base : c'était l'ordre ionique.

Enfin, l'ordre corinthien rappelle la jeune fille avec sa taille élancée et frêle, avec sa parure recherchée.

Cette explication gracieuse paraît être le fruit de l'imagination des poëtes ; il est bien difficile de retrouver la forme du corps humain dans celle d'une colonne, et l'on se demandera toujours pourquoi les premiers architectes, ayant l'idée qu'on leur prête, n'ont pas tout simplement eu recours à des cariatides.

La charge à imposer aux supports isolés est évidemment proportionnelle à leur massivité, c'est-à-dire à la section de leur base ; les colonnes doriques, qui sont les plus massives, devront donc avoir entre elles le plus grand écartement ; les colonnes ioniques seront plus rapprochées et les colonnes corinthiennes encore plus.

Pour qu'un ordre garde son caractère et soit vraiment un ordre, il faut donc adopter entre les diverses dimensions de l'édifice certains rapports, qui sans doute n'ont rien d'absolu, mais qui sont indiqués par l'expérience comme produisant d'heureux effets.

Nous rappellerons ici rapidement les rapports admis dans les divers ordres en même temps que nous ferons de ces ordres une description sommaire.

Ordre dorique. — Les figures de la planche II représentent les trois ordres,

sous la forme que notre éminent professeur M. Léonce Reynaud croit la plus convenable pour les édifices modernes. Ces figures à la même échelle font bien saisir les différences d'aspect et de richesse que l'on trouve dans les trois ordres.

La colonne dorique possède une base commençant par un corps carré que surmontent un tore, une baguette et un congé raccordant la base avec le fût de la colonne.

Au-dessous du chapiteau on aperçoit l'astragale comprenant un congé, un petit filet et une baguette ; entre l'astragale et le chapiteau proprement dit, le fût se prolonge ; les deux parties principales du chapiteau sont le quart de rond et le tailloir ou corps carré qui reçoit l'entablement.

Dans l'entablement, les trois parties : architrave, frise, corniche, sont nettement indiquées.

L'architrave est nu, comme l'était la poutre en bois qui réunissait les colonnes entre elles.

La frise est décorée de triglyphes; les triglyphes sont des parties saillantes dont la tête rectangulaire est creusée de deux rainures à section horizontale triangulaire et présente sur chaque bord une demi-rainure. Les triglyphes représentent les abouts des poutres transversales qui, dans les entablements en charpente, reposaient sur l'architrave ; les intervalles entre ces poutres réunissant la colonnade au mur du fond étaient vides, ainsi qu'il résulte des descriptions qu'on trouve dans les auteurs anciens.

Lorsque la pierre a été substituée au bois, on n'a pas conservé les intervalles vides; eux aussi sont en pierre et portent le nom de métopes.

Au-dessous d'un triglyphe, on aperçoit les gouttes de l'architrave, ornement caractéristique dans lequel on trouve une réminiscence des clous et vis qui fixaient les poutres superposées.

Entre l'architrave et la frise est un bandeau de faible hauteur représentant sans doute le plancher qu'on interposait entre les poutres longitudinales de l'architrave et les poutres transversales de la frise.

Au-dessus de la frise, et séparée d'elle par un bandeau, vient la corniche. Elle commence à la partie supérieure par un filet que suit une doucine; puis vient un autre filet, un talon et une face plane verticale : cet ensemble compose la partie saillante de la corniche. Sa face inférieure, inclinée en dehors de l'édifice, s'appelle larmier; les eaux pluviales s'amassent en gouttes sur l'arête externe du larmier qu'elles ne peuvent remonter, et elles tombent sur le sol. Sur le larmier, on trouve à l'aplomb de chaque triglyphe une table de même largeur ornée de plusieurs files de gouttes analogues à celles de l'architrave, et auxquelles on peut accorder la même origine. Un talon termine la corniche qui est séparée de la frise par un bandeau.

Le plus ancien spécimen de l'ordre dorique, le plus accentué, est le temple de Pæstum : ses colonnes, courtes et peu espacées, ont une forme tronc-conique assez accusée; leur chapiteau très-saillant comprend un tailloir, suivi d'un quart de rond qui constitue l'échine du chapiteau, et qui est suivi de quatre petits filets destinés à mettre en relief la vigueur du tailloir et de l'échine. Un peu plus loin on trouve encore trois petits filets; les colonnes sont cannelées et dépourvues de base. L'entablement est très-simple et analogue à celui que nous venons de décrire. Figure 10, planche IV.

Le plus remarquable monument de l'ordre dorique est le Parthénon, construit sous la direction de Phidias; il est moins massif que le temple de Pæstum; colonnes plus élancées et entablement moins élevé; les colonnes cannelées

sont dépourvues de base, et terminées par un chapiteau dont l'échine et le tailloir sont moins énergiques que ceux du Pæstum. L'entablement est analogue à celui de Pæstum; mais les métopes sont couvertes de sculptures. Il paraît que ces sculptures se détachaient sur un fond rouge, et que les triglyphes étaient peints en bleu; d'autres couleurs devaient recouvrir certaines moulures. Figure 2, planche IV.

Les Romains ont fait grand usage de l'ordre dorique, ils l'ont élancé en réduisant les proportions de l'entablement : l'architrave, primitivement plus forte que la frise, ce qui était logique puisqu'elle représentait une poutre longitudinale supportant les poutres de la frise, l'architrave perd peu à peu de sa hauteur aux dépens de la frise qui, n'étant pas lisse, reçoit une ornementation surabondante. Le chapiteau est moins accusé qu'autrefois et est précédé d'une astragale; la colonne est toujours dépourvue de base. Les figures 11 et 12, planche IV représentent le temple d'Hercule à Cora.

Ordre toscan. — On désigne quelquefois sous le nom d'ordre toscan un système qui ne diffère guère du dorique que par l'absence des triglyphes. L'ordre toscan se rencontre dans beaucoup de monuments de l'ancienne Rome. Les colonnes n'ont pas de base, et la décoration est très-sobre.

Cet ordre toscan a été adopté par plusieurs architectes modernes; on en trouve un exemple au rez-de-chaussée du palais du Luxembourg, à Paris.

Ordre ionique. — L'ordre ionique (pl. II) est caractérisé par son chapiteau : le tailloir carré repose sur une échine allongée; en plan cette échine se projette sur un rectangle dont le grand côté est parallèle à la colonnade. Si l'on regarde l'élévation de face, on aperçoit deux ornements enroulés en spirales, ce sont les volutes; sur la face latérale de la colonne, on voit une surface cylindrique qui constitue ce qu'on appelle le balustre du chapiteau.

Les volutes reposent sur un quart de rond décoré d'oves, et séparé du fût de la colonne par un filet et un congé.

Quelle est l'origine des volutes de la colonne ionique? Comme cette colonne est caractéristique des tombeaux et des monuments de deuil, on a cru longtemps que les volutes représentaient les bouts enroulés des étoffes sur lesquelles on déposait les entrailles des victimes immolées à l'occasion des sépultures. Les investigations modernes ont montré que dans les premiers temps la volute représentait une feuille enroulée; peu à peu on s'est écarté de la forme naturelle de la feuille, et on a recherché une forme purement ornementale.

Les colonnes ioniques sont plus élancées et proportionnellement plus rapprochées que les colonnes doriques; comme conséquence rationnelle, leur entablement est beaucoup moins élevé que l'entablement dorique; on trouve souvent quelques ornements sur les cimaises de la corniche. Dans les anciens monuments grecs, les volutes, ou tout au moins l'œil des volutes, devaient être dorés, et le chapiteau tout entier couvert de peintures ou d'ornements.

Sur la figure 14, planche IV, on voit que la corniche commence à la base par un filet que surmonte un quart de rond ou par un talon; au-dessus on trouve les denticules, ornement formé de parallélipipèdes détachés de la pierre qui a été refouillée; les denticules ont pour effet de créer des jeux d'ombre et de lumière; ensuite vient un talon en partie dissimulé en projection dans le refouillement de la corniche, refouillement qui constitue le larmier. Au-dessus du larmier est une partie plane verticale, puis un talon de faible hauteur, un filet, une cimaise et un dernier filet.

Voici comment on trace les volutes, figure 1, planche XV.

Nous verrons tout à l'heure que dans un ordre d'architecture on adopte pour unité de longueur le rayon de la base des colonnes, et ce rayon prend le nom de module; le module est divisé en 30 minutes, et toutes les dimensions sont exprimées en modules et minutes.

Cela posé, ayant construit à une échelle donnée le tailloir du chapiteau avec son filet de 2′ de hauteur et son talon de 3′, on abaisse de la pointe 1 de ce talon une verticale 1,0 égale à 17′, et par le point O on mène la verticale, l'horizontale et les lignes à 45°. D'autre part, on a construit le triangle rectangle BAC dont la base a 10′ 1/2 et la hauteur 15′, on a décrit l'arc AC qu'on a divisé en 24 parties égales, et on a reporté les divisions sur la verticale A1 au moyen de lignes convergentes émanant du point B.

Décrivant du point O comme centre un cercle de 2′ de rayon, nous aurons l'œil de la volute; la longueur *a* 1 sera précisément égale à 15′, c'est-à-dire à A1 ; sur la ligne à 45° passant par *b* nous prendrons la longueur *b*,2 égale à A,2; sur l'horizontale passant en *c* nous prendrons la longueur *c*,3 égale à A,3 et ainsi de suite; les points 1,2,3,4, appartiennent à la spire extérieure de la volute que l'on peut alors tracer d'un trait continu. Quant à la spire intérieure, le mieux est de la tracer à l'œil en diminuant l'intervalle des deux spires à mesure qu'on se rapproche du centre de la volute.

On peut se demander quel chapiteau on adoptera pour une colonne d'angle; si on conserve le chapiteau ordinaire, on verra bien les volutes sur la face principale, mais sur la face latérale ce sont les balustres qui apparaîtront, et l'effet n'en est guère agréable. Pour tourner la difficulté, on place à l'angle un chapiteau à trois volutes; l'une est dirigée suivant la face principale, l'autre suivant la face latérale, et la volute intermédiaire est à 45° suivant la bissectrice de l'angle des deux faces; en projection, la différence de plan est peu sensible et, en tout cas, cette différence est rationnelle. Figure 3, planche IV.

Ordre corinthien. — L'ordre corinthien se distingue par ses formes légères, ornées et élancées.

On prête à son chapiteau, garni de trois rangs de feuillage, une origine poétique. Une jeune fille de Corinthe était morte; sa nourrice réunit dans une corbeille divers objets que l'infortunée affectionnait, et plaça la corbeille sur le tombeau après l'avoir recouverte d'une tuile; une plante d'acanthe se trouvait là, elle s'accrocha à la corbeille et l'entoura de ses feuilles. Le sculpteur Callimaque, passant par là, fut frappé de l'élégance qu'offrait cet arrangement naturel, et le prit pour modèle des chapiteaux de ses colonnes.

La planche II donne une idée de l'ordre corinthien. Les colonnes ont une base ornée de nombreuses moulures; le chapiteau montre bien nettement ses trois rangs de feuilles, qui alternent d'un rang à l'autre. Il y en a huit dans chaque rang; les dentelures de chaque feuille et les nervures sont nettement accusées, et les feuilles se recourbent gracieusement en dehors du chapiteau. La hauteur du second rang est à peu près double de celle du premier.

Du sommet des feuilles du premier rang s'élancent des tiges qui s'épanouissent pour constituer les feuilles du troisième rang. Le tailloir du chapiteau n'est pas carré, et la figure 16, planche I indique comment on l'établit en plan; ayant le carré (*mnpq*), on commence par en abattre les angles à 45°, puis sur (*ab*) on décrit l'arc de l'hexagone régulier; la table supérieure du tailloir est représentée en plan par la partie de la figure couverte de hachures.

Les tiges qui prennent naissance au sommet des feuilles du premier rang s'épanouissent en feuilles et en volutes; les volutes d'angle sont saillantes,

celles du milieu sont accolées contre la corbeille du chapiteau. Ces volutes sont, du reste, très-différentes des volutes ioniques. Figure 15, planche IV et figure 4, planche IV.

D'un fleuron placé au sommet de la feuille médiane du second rang part une tige qui se prolonge jusqu'au tailloir, où elle se termine par une fleur qu'on appelle la rosette du chapiteau.

Le tailloir prend quelquefois le nom d'abaque.

L'entablement de l'ordre corinthien est généralement très-orné; le talon qui sépare la frise de l'architrave est recouvert de motifs continus; la corniche commence par un talon suivi de denticules, ornement que nous avons déjà trouvé dans l'ordre ionique. Le larmier est supporté par des corbeaux en pierre, profilés en forme de feuilles : ce sont les modillons; entre les modillons on creuse dans le larmier des caissons formés d'un cadre entourant des fleurs. Les modillons soutiennent la corniche, et souvent la cimaise supérieure porte à l'aplomb des colonnes des têtes de lion sculptées, lesquels servaient sans doute à l'écoulement des eaux pluviales recueillies par le chéneau.

Ordre composite. — On a quelquefois désigné sous le nom d'ordre composite un système qui ne diffère du corinthien que par un détail du chapiteau. Les deux premiers rangs de feuilles existent toujours, mais le troisième est remplacé par quatre volutes ioniques placés à 45° dans les angles du chapiteau; ces volutes sont identiques à celles qu'on trouve sur les colonnes d'angle de l'ordre ionique. Figure 17, planche IV.

Moulures. Proportion des divers ordres. — Avant de donner les proportions des divers ordres, il convient de rappeler les noms des moulures qui entrent dans la décoration. On distingue parmi ces moulures (fig. 17 de la pl. I) :

1° Le quart de rond, droit ou renversé, *a*;

2° Le cavet, droit ou renversé, *b*;

3° Le filet, petite face plane bordant les grandes moulures, *c*;

4° La baguette, *d*, engendrée par la révolution d'un demi-cercle de petite dimension; la figure ainsi décrite a été étudiée en géométrie sous le nom de tore;

5° Le tore, *e*, moulure semblable à la précédente, mais de grande dimension;

6° Le talon, *f*, droit ou renversé, formé de deux arcs de cercle à courbure inverse;

7° La doucine, *g*, droite ou renversée, formée aussi de deux arcs de cercle à courbure inverse, seulement les tangentes aux extrémités sont horizontales et non verticales comme dans le talon;

8° La scotie *h*, courbe rentrante, formée de deux arcs dont la courbure est dans le même sens;

9° Le congé, qui raccorde une ligne verticale et une ligne horizontale, *k*.

Parmi les ornements dont on décore la surface des moulures, il faut citer : les oves, qu'on trouve à la surface des talons, et qui décorent le chapiteau ionique; les chapelets, qui se trouvent à la surface des baguettes; les rais de cœur, dont on recouvre la surface des talons; les entrelacs, dont on recouvre la surface des tores; les feuilles de lotus et d'acanthe, qui se placent sur les doucines.

Comme principe général, on doit opposer à des parties ornées des parties nues, à des moulures courbes des moulures inverses ou des plans.

Proportions des ordres. — Les trois ordres sont caractérisés par les chiffres suivants, qui, cela va sans dire, représentent une moyenne et n'ont rien d'absolu :

Le rayon à la base des colonnes étant pris comme module, et ce module étant divisé en 30 minutes,

La hauteur des colonnes doriques est de 16 modules et la distance entre les axes de deux colonnes voisines est de 7 modules 1/2 ;

La hauteur des colonnes ioniques est de 18 modules et la distance entre les axes de deux colonnes voisines est de 6 modules 3/4 ;

La hauteur des colonnes corinthiennes est de 20 modules et la distance entre les axes de deux colonnes voisines est de 6 modules.

Dans les constructions les plus remarquables de l'antiquité, les colonnes d'angle sont plus rapprochées que les autres de leurs voisines; on donne quelquefois à ces colonnes une légère inclinaison vers le monument qu'elles supportent, et cette inclinaison a même été adoptée pour les colonnes de façade. Une pareille disposition concourt efficacement à donner à l'édifice une apparence de solidité, et l'œil est satisfait.

En ce qui concerne les dimensions des diverses parties de l'entablement, on les trouvera au tableau suivant :

DÉSIGNATION DES ORDRES.	HAUTEURS EN MODULES.					RAPPORT DE LA HAUTEUR DE LA COLONNE A CELLE DE L'ENTABLEMENT.	SOURCES.
	de la colonne.	de l'architrave.	de la frise.	de la corniche.	de l'entablement complet.		
Dorique.	8.59	1.45	1.37	0.92	3.74	$\frac{1}{2.3}$	Temple de Pæstum.
Id.	11.15	1.44	1.44	1.06	3.94	$\frac{1}{2.85}$	Parthénon.
Id.	16	1	1.5	1.5	4	$\frac{1}{4}$	Vignole.
Id.	15	1	1.5	1.16	3.66	$\frac{1}{4.1}$	Palladio.
Ionique.	18.19	1.74	1.60	0.66	4.00	$\frac{1}{4.54}$	Temple d'Érechthée.
Id.	18	1.25	1.50	1.75	4.50	$\frac{1}{4}$	Vignole.
Id.	18	1.20	0.90	1.50	3.60	$\frac{1}{5}$	Palladio.
Corinthien.	19.42	1.42	1.32	1.76	4.50	$\frac{1}{4.31}$	Panthéon de Rome.
Id.	20	1.5	1 5	2.00	5.00	$\frac{1}{4}$	Vignole.
Id.	19	1.27	0.95	1.35	3.77	$\frac{1}{5.04}$	Palladio.

Le diamètre de la base des colonnes est de 2m,06 au temple de Pæstum, 1m,87 au Parthénon, 0m,84 au temple d'Érecthée, 1m,46 au Panthéon de Rome.

L'espace libre entre les colonnes est de 2m,40 au temple de Pæstum, 2m,425 au Parthénon, 2m,28 au temple d'Érecthée.

Galbe des colonnes. — Les plus vieilles colonnes ont une forme de tronc de cône très-accusée, et cependant il est rare que la génératrice soit absolument rectiligne.

L'expérience a prouvé, ainsi que nous l'avons vu à la page 809 de notre *Traité des machines*, qu'à égalité de matière employée il était avantageux de donner aux colonnes une forme renflée vers le milieu, et cela se conçoit, car on rend de la sorte la flexion moins facile.

On obtient en outre une forme plus élégante et c'est ce que les anciens avaient bien reconnu.

Le galbe de la colonne est son profil sur un plan vertical ; on s'astreint d'ordinaire à avoir à la base une tangente verticale, et on adopte pour profil soit un arc de cercle, soit une conchoïde. Généralement, le premier tiers de la colonne est cylindrique.

Chez les Grecs, la différence entre le diamètre à la base et le diamètre au sommet de la colonne était très-accusée ; le rapport des deux diamètres était de:

$\frac{1}{1,5}$ pour l'ordre dorique

$\frac{1}{1,2}$ pour l'ordre ionique

$\frac{1}{1,12}$ pour l'ordre corinthien.

Décoration des colonnes. — La décoration qu'on rencontre le plus fréquemment sur les colonnes, ce sont les rainures ou cannelures verticales, figure 18, planche I.

Au temple de Pæstum, les rainures ont pour profil l'arc de cercle décrit du centre du carré construit sur le cadre de la rainure; il y a vingt-quatre cannelures accolées ; le nombre des cannelures doit toujours être un multiple de 4. Les lignes verticales des cannelures produisent un bon effet, et celles-ci ne sont pas assez profondes pour nuire à la solidité de la colonne.

Cependant, on peut craindre que l'arête de séparation de deux cannelures voisines ne soit au sommet d'un angle trop aigu, et souvent on préfère placer le centre de la section au sommet du triangle équilatéral construit sur la corde de la cannelure.

Pour les colonnes ioniques et corinthiennes, on a recours à des cannelures demi-circulaires, et il faut alors laisser des filets entre elles. Dans la partie inférieure de la colonne, les cannelures sont exposées à des dégradations; on les arrête donc au dernier tiers, ou, si on les prolonge, on ne fait que les accuser à la surface sans les creuser, et on indique à la place du creux une baguette verticale ou rudenture.

Un autre mode de décoration moins fréquent, c'est l'usage des tambours; les tambours ont pour objet d'accuser les divers morceaux dont une colonne est formée, ils jouent le rôle des refends et bossages, figure 1, planche XIX. Philibert Delorme a propagé en France les colonnes à tambours et en a tiré des effets remarquables.

PILASTRES

Les pilastres sont des colonnes à section rectangulaire.

Ils ne sont jamais isolés, mais engagés dans un mur où ils tiennent lieu d'une demi-colonne ; quelquefois même on trouve une colonne engagée de moitié ou

seulement d'un tiers dans le massif du mur, mais le pilastre est plus rationnel que la colonne.

Soit, figure 20, planche I, une colonnade en avant d'un monument A ; l'entablement de la colonne se retourne aux angles pour venir s'appuyer sur les murs latéraux du monument ; il paraît nécessaire de renforcer le mur, de lui donner plus de vigueur réelle et surtout apparente, en ces points où il supporte l'entablement ; on y arrive au moyen des pilastres (*p*) faisant sur le nu du mur une saillie plus ou moins accentuée.

Cette saillie dépend de l'énergie d'expression qu'on veut obtenir ; elle est au moins du $\frac{1}{10}$ de la largeur du pilastre et au plus des $\frac{2}{5}$; quand la saillie atteint la moitié de l'épaisseur, on reproduit cette saillie sur l'entablement à l'aplomb du pilastre ; on fait, comme on dit, ressauter l'entablement.

Les pilastres trouvent encore leur place le long des murs entre lesquels il existe plusieurs files de colonnes ; le prolongement de chaque file est indiqué sur le mur par un pilastre. Figure 12, planche IV.

Quelquefois même on accole une série de pilastres le long d'un mur sans raison apparente, uniquement pour constituer une division de la surface et un système d'ornementation.

On donne aux pilastres comme largeur à la base celle des colonnes ; mais le fruit des faces latérales est toujours peu accusé. La saillie du chapiteau, destinée à ménager la transition entre la forme ronde et la forme carrée n'est plus nécessaire, aussi le chapiteau des pilastres ne doit-il posséder qu'une faible saillie et ne plus être considéré que comme un ornement.

La décoration la plus en usage pour les pilastres, ce sont les cannelures verticales ; les tambours sont aussi adoptés quelquefois, surtout lorsque la surface du mur, dans lequel est engagé le pilastre, est recouverte de refends et bossages.

Le pilastre le plus simple est la chaîne de pierres dont on fait grand usage pour indiquer l'ossature des constructions ordinaires.

ARCADES

Lorsque l'écartement des colonnes atteint une certaine amplitude, il devient difficile sinon impossible de trouver des pierres assez longues et assez solides pour constituer l'architrave. Il y a bien un moyen dans ce cas, c'est de traiter l'architrave comme une voûte, et de la composer de plusieurs voussoirs appareillés en plate-bande.

Mais la plate-bande est une voûte essentiellement défectueuse, exerçant de grandes poussées latérales, et telle que la moindre déformation qu'elle subit produit un effet déplorable ; il faut absolument renoncer à la plate-bande dès qu'elle acquiert des dimensions notables.

On a alors recours aux voûtes à directrice courbe ; la seule voûte usitée dans l'antiquité, la plus simple et la plus belle, c'est le plein cintre.

Les voûtes en plein cintre, posées sur colonnes à section rectangulaire, semblent avoir pris naissance en Étrurie ; les Romains en ont fait grand usage, en les excluant toutefois des édifices religieux pour lesquels on conservait les formes pures de l'antiquité.

On désigne sous le nom d'arcades les voûtes portées par des supports isolés. Le type le plus commun de l'arcade est représenté par la figure de la planche II;

le support comprend un socle, un fût ou pied-droit et une imposte, sorte de chapiteau recevant les retombées de la voûte.

La voûte est composée de voussoirs, et quelquefois ces voussoirs sont recouverts de moulures circulaires, destinées à établir une distinction nette entre la voûte et le remplissage; les bandeaux moulurés prennent le nom d'archivoltes.

Entre l'archivolte et la corniche, il existe une surface correspondant à de la maçonnerie de remplissage ; ce sont les tympans qui se placent généralement un peu en retraite sur le bandeau de la voûte, et qui sont susceptibles de recevoir des motifs de décoration, tels que des bas-reliefs, des écussons, etc.

Les tympans supportent une corniche moulurée.

Les arcades peuvent être assimilées aux ponts en maçonnerie, et nous avons montré, en traitant de ces ouvrages tout le parti qu'on pouvait tirer des tympans au point de vue de l'ornementation.

Les pieds-droits eux-mêmes sont susceptibles de recevoir une décoration variée.

Lorsqu'on veut obtenir une apparence de vigueur et de solidité, on est sobre d'ornements et on se contente de mettre en relief les voussoirs et les pierres des pieds-droits, au moyen de refends et de bossages (fig. 1, pl. III).

Il arrive souvent que la largeur des pieds-droits aux naissances est inférieure au double de la largeur de l'archivolte ; les extrados de deux archivoltes voisines se coupent donc, figure 1 ; on réunit alors en une seule pierre les deux premiers voussoirs de deux arcades voisines.

Le socle des pieds-droits est rarement supprimé ; quant à l'imposte, il y a quelquefois avantage à la supprimer afin de ne point arrêter le regard sur des lignes horizontales et de donner à la construction un aspect élancé.

Dimensions des arcades. — Voici les dimensions usuelles des arcades.

La hauteur varie de une fois et demie à deux fois l'ouverture ; les arcades si gracieuses de Bramante ont en hauteur deux fois l'ouverture.

La largeur des pieds-droits est le quart de l'ouverture ; mais elle doit être augmentée si l'on veut obtenir une grande apparence de vigueur.

Quant au socle et à l'imposte, leurs dimensions dépendent du degré de richesse de la construction; Bramante a donné à l'imposte le $\frac{1}{12}$ de la hauteur des arcades.

La dimension de l'archivolte dépend de l'ouverture ; en effet, l'archivolte représente l'épaisseur de la voûte, et celle-ci ne croît pas proportionnellement à l'ouverture; l'ouverture variant de 3 à 8 mètres, l'épaisseur de l'archivolte variera du $\frac{1}{7}$ au $\frac{1}{12}$ de l'ouverture.

Arcades sur colonnes. — L'arcade sur colonnes, qui a pris naissance lors de la décadence de l'empire romain, a été adoptée comme élément principal de construction des temples chrétiens. L'arcade ogivale a régné seule pendant plusieurs siècles ; à la Renaissance, on est revenu au plein-cintre qu'on n'a guère abandonné depuis.

L'arcade sur colonnes a un grand aspect de légèreté ; pour ne point dépasser la mesure, il convient même d'adopter des colonnes plus courtes que d'ordinaire et presque cylindriques.

Les retombées des voûtes, reçues par la table rectangulaire du chapiteau, sont par conséquent en saillie sur le fût de la colonne et cette disposition contribue à accroître l'apparence de légèreté de celle-ci.

Il ne faut pas aller trop loin dans cette apparence de légèreté, car les colonnes étant plus espacées dans les arcades que lorsqu'elles supportent des entablements horizontaux, se trouvent par cela même plus chargées ; il faut

donc qu'elles soient en réalité plus solides et plus massives, et il est rationnel qu'elles le paraissent.

On a eu bien souvent recours à des systèmes d'arcades dans lesquels on a associé les pieds-droits et les colonnes. Les arcades sont réellement soutenues par des pieds-droits rectangulaires, mais en avant de ces pieds-droits, dans leur partie centrale, on a placé des colonnes dont le fût, passant en avant de l'imposte, s'élève tout le long des tympans et se termine par un chapiteau supportant la corniche de couronnement, laquelle est souvent surmontée d'un attique.

Il est rare que les colonnes soient détachées des pieds-droits; généralement elles sont engagées de moitié ou des deux tiers, figures 2, 3, planche III.

Quelquefois cependant, dans des constructions d'un luxe exagéré, on a séparé la colonne du pilastre, figure 4; la corniche ressaute alors à l'aplomb de la colonne et porte en cet endroit une statue, destinée à justifier dans une certaine mesure la présence de la colonne.

La colonne étant ainsi détachée et placée en avant du pied-droit, on ménage à la partie centrale de celui-ci un pilastre qui correspond à la colonne et qui divise par deux lignes verticales la surface nue du pied-droit.

Dans le cas où l'on ne place pas de colonne en avant du pied-droit, et que cependant on veut lui donner de la légèreté, on peut lui accoler à la partie centrale un pilastre, de saillie plus ou moins forte, qui s'élève jusqu'au dessous de la corniche en interrompant l'imposte à son passage.

On voit qu'en somme on peut introduire une grande variété dans les arcades et réaliser avec elles toutes les combinaisons de richesse et d'élégance.

PORTES ET FENÊTRES

Les proportions des portes et fenêtres sont à peu près les mêmes que celles des arcades. La hauteur est de une fois et demie à deux fois la largeur.

L'aspect doit être en rapport avec l'ordre de l'édifice ; ainsi, pour l'ordre dorique on adoptera en hauteur un peu moins de deux fois la largeur, pour l'ordre ionique la hauteur sera juste le double de la largeur, pour l'ordre corinthien la hauteur sera égale à deux fois un sixième la largeur.

Les portes d'appartement à deux vantaux ont les dimensions suivantes : largeur comprise entre $1^m,30$ et $1^m,60$; hauteur comprise entre $2^m,30$ et $2^m,90$.

Les portes à un vantail ont les dimensions suivantes : largeur $0^m,75$ à $0^m,90$; hauteur $1^m,95$ à $2^m,45$.

Pour les croisées on ne peut spécifier les dimensions qui dépendent de la hauteur de l'étage et de l'importance des pièces qu'il s'agit d'éclairer.

La baie ménagée dans la maçonnerie pour recevoir une porte ou une fenêtre présente trois parties : figure 5, planche III.

Le tableau *a,a*, à faces planes verticales normales au parement du mur ;

La feuillure *b,b*, où se loge le châssis de la fenêtre ;

L'embrasure *c,c*, limitée latéralement à des plans obliques, formant angle obtus avec le châssis de la fenêtre; cette disposition permet d'ouvrir complétement la fenêtre et offre à l'accès et à la diffusion de la lumière une plus large baie.

Les plans verticaux qui limitent l'embrasure sont les faces d'ébrasement; d'ordinaire, ils s'arrêtent en haut à un plan horizontal ; cependant, il arrive

qu'on veut évaser aussi le plafond de l'embrasure et on constitue alors une arrière-voussure.

En traitant de la coupe des pierres, nous avons décrit les arrière-voussures.

Ce qui doit nous occuper ici, c'est surtout la manière dont on entoure les fenêtres sur la façade d'un édifice.

Dans une construction très-simple, figure 6, la fenêtre n'est indiquée que par ses arêtes supérieure et latérales, mais il est bien rare qu'elle ne repose pas sur un appui saillant ; avec de la maçonnerie ordinaire, cet appui est presque nécessaire pour s'opposer aux infiltrations de l'eau et pour recevoir le châssis et ses attaches. La saillie de l'appui peut être limitée à $0^m,05$, et il est bon d'abattre en biseau son arête horizontale supérieure.

Une autre forme simple est celle de la figure 7 ; les parties latérales ou chambranles sont composées d'une seule pierre verticale ou de plusieurs pierres superposées, légèrement en saillie sur le parement du mur ; les chambranles supportent un linteau, longue pierre horizontale, plus haute que le chambranle n'est large, parce qu'elle est placée dans de moins bonnes conditions de résistance. L'appui est une pierre horizontale identique à celle du linteau. Pour la solidité réelle et apparente, il convient que les pierres horizontales débordent un peu sur les chambranles.

Quelquefois les chambranles se retournent sans changement pour former le linteau et l'appui, figure 8 ; l'épaisseur est constante, et la bordure est en saillie sur le parement du mur de face. Cette bordure reste plane ou est ornée de moulures comme une archivolte, suivant le degré de richesse que l'on veut obtenir. Dans les maisons ordinaires, on exécute souvent des moulures en plâtre qui font saillie sur l'enduit en plâtre.

La largeur du chambranle est le cinquième de l'ouverture. Il va sans dire que cette proportion n'a rien d'absolu, qu'elle sera beaucoup plus forte s'il s'agit de hautes fenêtres étroites ; qu'elle sera au contraire plus faible s'il s'agit de fenêtres aplaties et larges.

Pour rappeler la forme naturelle de la figure 7, on donne souvent plus de largeur au linteau qu'au chambranle, figure 9, et l'élargissement se manifeste au sommet des chambranles par des crossettes. Les moulures peuvent toujours subsister, et alors elles se retournent comme la crossette, à l'exception de celles qui entourent la baie, figure 10.

Pour obtenir encore une plus grande apparence de solidité et de massivité dans la construction, on peut donner au linteau une sorte de profil d'égale résistance en augmentant son épaisseur vers la partie médiane. On arrive alors à l'effet représenté par les figures 11 et 12 qui représentent la porte et une fenêtre du phare construit sur la roche de la Croix près Saint-Brieuc.

L'apparence serait encore plus énergique si on inclinait légèrement les chambranles vers l'axe de la porte, comme le montre la figure 12 ; cette disposition, qu'on rencontre dans plusieurs beaux monuments de l'antiquité, est susceptible de produire un excellent effet.

Lorsqu'au lieu de la vigueur on cherche la richesse, on peut surmonter le linteau d'une corniche que semblent soutenir les chambranles ; une sorte de frise, nue ou recouverte d'ornements est ménagée entre la corniche et le linteau. Figure 18, planche III.

Quelquefois même on ajoute à la corniche un fronton dont la hauteur est le sixième de l'ouverture.

Lorsque l'on construit avec de petits matériaux, il faut appareiller le linteau

en forme de plate-bande, et nous savons que cet appareil est défectueux en ce sens qu'il donne une poussée considérable et présente un vilain aspect si un tassement même léger vient à se produire. Aussi préfère-t-on souvent profiler en arc de cercle le sommet de la fenêtre, figure 17, quelquefois même le courber en plein-cintre.

La figure 13 représente un type de fenêtre en arc de cercle adoptée sur les côtes de Bretagne pour quelques maisons du service des phares. L'appui est d'une seule pierre. Les chambranles sont en moellons superposés et terminés par des crossettes; les pierres formant crossettes reçoivent la poussée de la voûte, dont la clef est indiquée par un voussoir dépassant l'intrados et l'extrados.

En alternant le granite gris et le granite rouge, on réalise d'heureux effets de polychromie naturelle.

La figure 14 représente une fenêtre en plein-cintre avec moulures ordinaires; la fenêtre en plein cintre est quelquefois surmontée d'une corniche, mais cette alliance n'est pas toujours recommandable.

Dans une construction à la fois énergique et très-simple, l'arête des fenêtres peut être abattue en chanfrein, mais les chambranles ne sont pas accusés, et la construction est uniquement mise en relief par des refends et des bossages, figure 17.

Parmi les fenêtres il faut ranger :

Les baies plus larges que hautes, sortes de soupiraux, qui existent dans les soubassements; ce sont les mezzanines qu'on entoure d'une bordure de largeur constante ou d'une bordure à crossettes comme le montre la figure 15,

Les œils-de-bœuf, circulaires ou elliptiques, figure 16.

En ce qui touche les portes et les fenêtres monumentales, ce sont des œuvres exceptionnelles dont on trouvera des exemples dans les grands traités d'architecture. Voir aussi les figures 5 et 6, planche IV.

VOUTES EMPLOYÉES DANS LA CONSTRUCTION DES BATIMENTS.

Nous avons maintenant bien peu de chose à dire sur les voûtes, car nous en avons étudié la constitution et la résistance dans d'autres sections du *Manuel*, la stéréotomie d'une part, le cours de ponts de l'autre.

Dans la stéréotomie on trouve :

A la page 110, la description des diverses parties d'une voûte et la classification des voûtes;
— 113, le tracé et l'appareil du berceau droit en plein cintre, le tracé et l'appareil du berceau biais en talus rachetant un berceau cylindrique;
— 115, le tracé et l'appareil du biais passé ou corne de vache.
— 117, — de l'arrière voussure de Marseille.
— 118, — d'une descente biaise rachetant un berceau cylindrique.
— 122, — de la voûte sphérique ou dôme.
— 124, — de la voûte d'arête et de la voûte en arc de cloître;

puis enfin l'appareil et le tracé des voûtes biaises.

Dans le chapitre II de notre *Traité des ponts en maçonnerie* nous avons étudié les courbes d'intrados; nous avons donné les moyens de les tracer et d'en construire ou d'en calculer les divers éléments.

Dans le chapitre III nous avons exposé la théorie de la stabilité des voûtes, et cette théorie s'applique aussi bien aux voûtes usitées en architecture qu'aux voûtes de pont.

Nous nous sommes attaché surtout aux voûtes en berceau, ou voûtes cylindriques, ayant pour section droite une demi-circonférence, un arc de cercle, une ellipse ou une anse de panier.

A la page 99, nous avons étudié la stabilité des voûtes en dôme et nous avons montré que le joint de rupture y était à peu près à 25° au-dessus de la naissance; à la page 102 et aux pages suivantes, nous avons étudié la stabilité des voûtes en arc de cloître, des voûtes d'arête et des voûtes en ogive, de la voûte en plate-bande qui a pour intrados un plan horizontal ; enfin, nous avons étudié les arcs-boutements de voûtes, question fort importante en architecture.

Historique des voûtes. — On a cru longtemps que l'invention des voûtes n'était pas antérieure aux Romains. Les recherches archéologiques ont montré qu'il n'en était rien et qu'on trouvait des voûtes dans les monuments les plus anciens de la Grèce et de l'Égypte. Seulement, ces voûtes primitives ne sont pas appareillées avec des pierres en forme de coin; elles se composent de pierres rectangulaires placées par assises horizontales superposées, une assise quelconque faisant saillie sur l'assise inférieure, comme le montre la figure 1, planche V.

A vrai dire, on ne peut guère donner le nom de voûte à de pareilles constructions et il faudrait le réserver aux voûtes romaines, qui sont presque toutes exécutées en petits matériaux, quelquefois même en béton.

M. l'ingénieur Choisy, dans un ouvrage récent, l'*Art de bâtir chez les Romains*, a mis au jour la méthode qu'ils suivaient dans l'établissement de leurs grandes voûtes.

Ces voûtes construites en petits matériaux surgissent de toutes parts dès le commencement de l'empire et s'accusent tout d'abord par un chef-d'œuvre : la coupole du Panthéon, dôme sphérique de grande ouverture. Elles sont remarquables par l'association de grandes briques et de petites pierres; avec les grandes briques, on faisait des chaînes dirigées suivant les méridiens des dômes ou suivant les sections droites des berceaux ; avec les petits matériaux ou béton on remplissait les intervalles entre les chaînes. Quelquefois, on supprimait les chaînes, on plaçait à l'intrados de la voûte une chemise formée d'un ou de deux rangs de briques et sur cette chemise on posait du béton destiné à former le corps de la voûte.

Cette manière de faire avait pour but de faciliter l'établissement des cintres; car c'est là la question capitale pour l'établissement des grandes voûtes. Au moyen âge, lorsqu'on voulut établir à Florence un dôme de 40 mètres d'ouverture, on imagina d'abord de construire un pâté ou moule en terre sur lequel on élèverait la voûte ; l'idée d'avoir recours à ce procédé montre bien toute la difficulté qu'on rencontrait dans l'établissement des cintres. Les Romains l'avaient tournée en construisant des chaînes en grosses briques à l'aplomb des fermes en charpente, et ils reliaient ensuite ces chaînes par un remplissage en béton posé par couches successives sur un plancher s'appuyant sur deux fermes voisines ; lorsqu'ils plaçaient à l'intrados une chemise en briques, ils la construisaient d'abord, puis ils la recouvraient de béton et la voûte en briques faisait office d'un cintre supplémentaire.

Nous n'insisterons point sur ces notions qui montrent à quel point les Romains avaient perfectionné la construction des voûtes d'architecture; leurs procédés sont encore aujourd'hui susceptibles d'imitation.

Voûtes spéciales à l'architecture. — A côté des voûtes précédemment décrites dans notre *Traité de ponts*, il en est quelques-unes qui sont spéciales à l'architecture. Aussi allons-nous faire une énumération rapide de toutes les voûtes usuelles.

Les principales sont les voûtes cylindriques et les voûtes sphériques.

La voûte cylindrique la plus usitée est le berceau ; l'intrados d'un berceau est un cylindre unique dont la section droite peut être une courbe quelconque.

Lorsque les génératrices sont normales aux têtes, le berceau est droit ; si elles sont inclinées sur le plan des têtes, le berceau est biais ; si le plan des têtes est incliné sur la verticale, le berceau est en talus

Lorsque les génératrices du berceau sont inclinées sur l'horizon, le berceau prend le nom de descente ; la descente est une voûte qu'on rencontre souvent dans les escaliers en pierre.

Lorsqu'un berceau en rencontre un autre ayant même plan des naissances mais une montée plus considérable, il y a intersection ou pénétration des deux surfaces d'intrados, on a un berceau avec lunette.

On appelle porte ou berceau en tour ronde un berceau dont la tête se trouve sur un cylindre à génératrices verticales, c'est-à-dire sur la surface d'une tour.

Parmi les voûtes cylindriques on distingue encore les voûtes d'arêtes et les voûtes en arc de cloître, qui résultent de la pénétration de deux berceaux d'égale montée.

Les voûtes d'arête reposent sur des piliers ou des colonnes, figure 2, planche V et les voûtes en arc de cloître sur des murs continus figure 3. Les premières ont les arêtes saillantes, les secondes les arêtes rentrantes ; les premières s'emploient pour recouvrir un vaste espace en ne se servant que de piliers comme supports (réservoirs d'eau), les secondes conviennent pour recouvrir des salles isolées.

Les voûtes en arc de cloître peuvent être tronquées au sommet comme des dômes et se terminent alors soit par une lanterne à jour, soit par un plafond recouvert de peintures.

Comme modification des voûtes cylindriques, il faut citer les voûtes annulaires ; la plus simple résulte de la rotation d'une demi-circonférence autour d'un axe vertical ; l'intrados est un demi-tore.

Lorsque la rotation est combinée avec un déplacement de la section parallèlement à l'axe vertical, on a une descente annulaire, c'est la vis Saint-Gilles à laquelle on a eu recours dans les vieux escaliers de pierre.

On rencontre quelquefois en architecture des voûtes coniques, ce sont les trompes, qu'on ménage par exemple à l'angle d'un monument.

Parmi les voûtes sphériques, la plus simple est le dôme en plein cintre, figure 4, dont les pieds-droits consistent en un mur cylindrique. Les baies donnant accès à la lumière sont ménagées d'ordinaire dans ce mur cylindrique, et il en est de même des portes. Mais rien ne s'oppose à ce que le dôme soit tronqué à sa partie haute, et terminé par un vitrage ou par une lanterne cylindrique à jour.

Lorsque cette troncature est pratiquée, il est même avantageux quelquefois au point de vue de la résistance d'établir au sommet une lanterne assez lourde ; mais cette disposition ne se présente que pour les voûtes dont la clef tend à se relever sous la pression des parties latérales qui, elles, tendent à basculer autour de leur base, c'est-à-dire pour les voûtes surhaussées comme les ogives.

Le dôme est souvent établi sur pendentifs, c'est-à-dire qu'il repose sur quatre

piliers comme le ferait une voûte d'arêtes. Voici comment on établit un dôme sur pendentifs, figure 5 :

Supposons que la sphère à laquelle appartient l'intrados du dôme se projette en plan sur la circonférence X, inscrivons dans cette circonférence le carré (*abcd*); par les côtés de ce carré imaginons des plans verticaux et ne conservons de la sphère que ce qui se trouve compris entre ces quatre plans verticaux; la partie conservée sera suspendue dans l'espace sur les quatre points *a*, *b*, *c*, *d*, elle se composera de la calotte sphérique A projetée sur le cercle *efgh*, et des quatre triangles sphériques ou pendentifs B projetés sur un triangle tel que (*aef*); les quatre points *a*, *b*, *c*, *d*, sont remplacés par quatre piliers de dimensions suffisantes.

Les intervalles X entre les faces latérales des piliers sont recouverts par des berceaux ayant pour section droite le demi-cercle de diamètre tel que (*ab*).

Ce demi-cercle est l'arête commune du dôme sur pendentifs et du berceau; l'angle au sommet de cette arête est très-obtus et la transition entre le dôme et le berceau ne serait pas suffisamment accusée si l'on n'avait recours à l'arc doubleau *rs*, figure 6, portion annulaire du plan vertical tel que *ab*.

En général, la retombée du pendentif n'est pas limitée à un point tel que (*a*); on la compose d'un arc (*aa'*) appartenant à l'équateur de la sphère qui engendre la coupole; les pendentifs ne sont plus alors des triangles sphériques, mais des trapèzes sphériques, comme le montre la figure 7.

C'est la disposition ordinaire des dômes de nos temples.

La dernière voûte sphérique que nous ayons à citer est le cul-de-four ou niche, figure 8, dans lequel on loge d'ordinaire des statues.

Décoration des voûtes. — La décoration des voûtes est assez difficile, parce qu'on ne peut mettre bien nettement en évidence le mode de construction; quand on dessinerait le contour des voussoirs à la surface d'une voûte, quand même on accuserait ce contour par des refends et des bossages, le spectateur n'en recevrait pas une impression plus favorable de la solidité de l'édifice, parce que la notion de l'épaisseur et de l'agencement des voussoirs lui manque.

On a donc cherché dans une autre voie un mode de décoration, et on a imité ce qui se fait dans les plafonds; l'ossature d'un plafond se compose de pièces transversales et de pièces longitudinales, laissant entre elles des rectangles que l'on recouvre avec une maçonnerie de remplissage ou avec un plancher.

Il était naturel d'accuser aux yeux cette ossature en conservant leur saillie aux poutres qui la composent; quant aux rectangles compris entre elles, on les laisse en creux de sorte qu'ils forment comme des tiroirs renversés, qu'on appelle des caissons et qu'on décore de cadres, de rosaces ou de peintures. Dans les constructions ordinaires, un mode simple et rationnel de décoration consiste à peindre les parties saillantes d'une couleur et les parties en creux d'une autre couleur, afin de faire ressortir les unes par les autres.

Supposez maintenant un berceau continu, on peut imaginer comme ossature des sections transversales beaucoup plus fortes en épaisseur que la partie courante, et formant comme les fermes successives d'un cintre en charpente; on réunit ces sections par d'autres poutres horizontales complétant l'ossature, et les compartiments courbes rectangulaires ainsi formés reçoivent de la maçonnerie de remplissage ou un plancher. On les accuse donc par des caissons plus ou moins ornés. Quant aux sections transversales, l'arc en saillie qui les compose porte le nom d'arc doubleau; il faut sur les pieds-droits quelque chose qui

reçoive les retombées de l'arc doubleau, ce quelque chose est un pilastre ou une colonne engagée.

Les panneaux, compris entre deux pilastres successifs, le socle des pieds-droits et l'imposte qui indique la naissance du berceau, reçoivent des cadres moulurés bien disposés pour contenir des peintures à fresque.

Les caissons de la voûte sont eux-mêmes ornés avec plus ou moins de richesse.

Dans un dôme, les arcs doubleaux sont dirigés suivant des méridiens et des figures ou des caissons variés décorent la surface des fuseaux sur laquelle les arcs doubleaux sont en relief; il va sans dire que, si l'on emploie des caissons, toutes les dimensions doivent diminuer à mesure qu'on s'élève vers le sommet du dôme, c'est-à-dire à mesure que les arcs doubleaux se rapprochent

Tous ces arcs doubleaux devant aboutir au sommet du dôme se confondraient et se pénétreraient; aussi les arrête-t-on d'ordinaire soit à une grande rosace, soit à un orifice circulaire qui supporte la lanterne du dôme.

La décoration des voûtes d'arête est bien simple; elle consiste à accuser les arêtes par de grosses nervures moulurées qui semblent autant de fermes rigides supportant les parties de voûte comprises entre elles.

Aux époques de décadence, on a été plus loin : soit une demi-arête *ob*, figure 9, planche V, on l'a abattue par une surface cylindrique de manière à la remplacer par deux autres arêtes *bg*, *bh*; le sommet unique *o* s'est trouvé décomposé en quatre sommets *ghik*, qu'on a réuni de manière à former un quadrilatère qui a reçu soit une inscription, soit une rosace, soit une peinture.

Les voûtes en arc de cloître se prêtent mal à recevoir des arêtes très-saillantes; on les dote en général d'un plafond à jour ou d'un plafond peint et les surfaces cylindriques latérales sont indiquées par des cadres moulurés.

La voûte ogivale, caractéristique de l'architecture du moyen âge, se prêtait bien à des décorations luxueuses; on adoptait fréquemment la voûte surhaussée parce que sa poussée est moindre, et cette poussée latérale était reportée par des contre-forts extérieurs ayant pour profil la demi-section de la nef sur des piliers verticaux que l'on surchargeait au moyen de clochetons. Dans l'ogive surhaussée, la clef tend à remonter; il était donc bon de la charger dans certains cas et en la chargeant on augmentait la stabilité de l'édifice. Aussi voit-on, dans beaucoup de voûtes d'arête ogivales, des lustres suspendus au sommet; quelquefois même, l'architecte ingénieux a encastré et scellé dans la clef de voûte une tige de fer verticale qui descend vers le sol et qui est cachée au milieu d'ornements en pierre qui l'entourent et qu'elle soutient. On est arrivé par là à des effets originaux, mais auxquels il faut recourir avec réserve.

CHAPITRE II

CHARPENTE

Assemblages. — Les pièces de bois équarries et réunies les unes aux autres doivent, pour la stabilité, se transmettre les pressions dans la direction de leurs axes. Lorsque deux pièces s'arc-boutent, il est donc nécessaire qu'elles aient leur axe dans le même plan. Les entailles saillantes et creuses au moyen desquelles on rend un joint invariable s'appellent un assemblage.

Il y a trois grandes classes d'assemblages :

1° Deux pièces de bois qui se joignent peuvent faire un angle et elles donnent lieu alors, soit à un assemblage à tenon et mortaise si l'une des pièces est limitée à l'autre, soit à un assemblage d'angle si les deux pièces se terminent à un angle commun, soit à un assemblage par entailles si les deux pièces se croisent;

2° Deux pièces de bois peuvent s'assembler bout à bout; l'assemblage porte alors le nom d'enture;

3° Deux pièces de bois peuvent s'accoler parallèlement l'une à l'autre; ce sont alors des pièces jumellées.

Les variétés des trois classes d'assemblages ont été décrites aux pages 133 et suivantes de notre cours de stéréotomie, auquel le lecteur voudra bien se reporter.

PANS DE BOIS.

Un édifice en pans de bois est composé d'un squelette en charpente; chaque face est formée de plusieurs cadres en bois que l'on vient remplir ensuite d'une maçonnerie légère, tantôt en briques, tantôt en moellons de plâtre, tantôt plus simplement en pisé recouvert d'un enduit.

C'est une construction rapide, économique, on peut même ajouter durable si elle est bien exécutée; mais on tend à l'abandonner presque partout; là où on ne fabriquait pas de chaux ni de briques, on en trouve aujourd'hui; les bois et surtout les grosses pièces ont augmenté de prix dans des proportions considérables. Toutefois, un ingénieur peut encore être appelé dans certains pays à construire des maisons en pans de bois et il est utile d'en donner la composition.

Pans de bois extérieurs formant façade. — Les bois au contact du sol pourrissent vite; aussi établit-on un pan de bois sur un soubassement en

maçonnerie B et l'on accède au rez-de-chaussée par plusieurs marches A; le rez-de-chaussée est ainsi exhaussé pour être à l'abri de l'humidité, car les maisons en pans de bois ne sont généralement pas établies sur caves, figure 10, planche V.

A chaque étage correspond un pan de bois partiel qui se compose d'une semelle basse S et d'une semelle haute ou chapeau H, réunies par des montants verticaux P ou poteaux. Les poteaux, qui limitent les baies, portes ou fenêtres, sont des poteaux d'huisserie; les autres sont des poteaux de remplage ou de remplissage. Les poteaux s'assemblent par tenon et mortaise dans les sablières haute et basse. Pour empêcher la déformation du pan de bois dans son plan vertical, il faut le trianguler; on le fait au moyen de pièces inclinées qui s'appellent écharpes ou décharges si l'angle de ces pièces G avec les semelles est moindre que 60°, et qui s'appellent guettes dans le cas contraire.

Les pièces L qui limitent les huis à la partie supérieure sont des linteaux; les pièces V sont les appuis des fenêtres et les pièces U qui supportent les appuis sont des potelets. Les assemblages des guettes, des linteaux, des appuis et des potelets sont à tenon et mortaise.

On appelle trumeau la surface d'un cadre entre deux huis; c'est la surface qu'il s'agit de remplir. Lorsque cette surface est trop grande, des poteaux auxiliaires J ou tournisses, figure 11, viennent s'engager dans la guette soit par un assemblage à tenon et mortaise, soit par un assemblage à oulice avec embrèvement; quelquefois encore, au lieu de tournisses, on emploie une seconde guette en sens inverse de la première et qui vient la rencontrer à mi-bois; c'est ainsi qu'on forme la croix de Saint-André FF. Les joints à tenon et mortaise des bois inclinés les uns sur les autres sont à embrèvement; c'est une condition indispensable à la solidité et à l'invariabilité de l'ouvrage.

Aux angles du bâtiment, comme aussi à la séparation des diverses travées, on trouve un poteau de fort équarrissage qui règne sur toute la hauteur de l'édifice; c'est le poteau cornier C, auquel les sablières sont rattachées par des équerres en fer. Il fait saillie sur le reste du pan de bois, mais cette circonstance se prête fort bien à une décoration rationnelle de l'édifice, puisqu'elle a pour effet de mettre en relief les principaux éléments de la construction.

Lorsqu'on fait des fenêtres en arc ou en plein cintre comme sur la figure 11, planche V, les arrondissements sont formés par des goussets 1 en bois découpés en courbe et qui s'engagent à tenon et mortaise dans les poteaux d'huisserie.

Chaque pan de bois partiel supporte le plancher de l'étage supérieur; les solives de ce plancher s'appuient sur le chapeau de dessous et supportent elles-mêmes la sablière du dessus.

Autrefois on laissait souvent les bois apparents pour les recouvrir de sculptures; aujourd'hui l'on préfère donner à l'édifice un aspect menteur en le recouvrant d'un enduit sur lequel on figure des pierres de taille et des moulures.

Dans le cas où l'on applique un enduit, il faut avoir soin de le faire adhérer au bois au moyen de rainures creusées dans celui-ci; par raison d'économie on se contente généralement d'obtenir une mauvaise adhérence au moyen de vieux clous dont on larde la pièce de bois et dont la tête se trouve engagée dans l'enduit.

La figure 12, planche V réprésente une autre maison en pans de bois et

qui est portée par des pilastres en pierres de taille occupant toute la hauteur du rez-de-chaussée; on établit sur ces piliers une très-forte pièce de bois qu'on appelle poitrail et sur laquelle vient reposer le reste de la charpente; on reporte une partie de la charge qui tend à faire fléchir le poitrail M sur les pilastres Q au moyen des écharpes ou décharges D, que l'on établit aussi au second étage. C est le poteau cornier engagé dans la sablière basse; on voit en F la croix de Saint-André qui garnit un panneau. Les pièces horizontales X assemblées à tenon et mortaise avec deux poteaux consécutifs sont des étrésillons si elles sont de faible longueur, sinon ce sont des traverses.

Il est de toute nécessité, si l'on veut arriver à l'invariabilité de la charpente, que les poteaux et tournisses des différents étages se trouvent bien à l'aplomb les uns des autres et que les huis se correspondent verticalement. L'observance de ces règles ne peut du reste que profiter à l'aspect architectural.

Pans de bois intérieurs. — Les pans de bois intérieurs ont à supporter une charge aussi grande que celle des pans extérieurs, mais ils ont un remplissage moins épais; ils sont moins éprouvés par les agents atmosphériques, sont percés d'ouvertures moins nombreuses; aussi fait-on ces pans de bois intérieurs plus légers et leur épaisseur va même en décroissant à mesure que l'on s'élève.

La figure 16, planche V donne l'élévation de l'étage d'un pan de bois intérieur. P sont des poteaux qui s'assemblent sur une solive, à l'aplomb de laquelle ils doivent se trouver : S est la sablière, A les poteaux auxiliaires espacés entre eux d'une quantité égale à leur largeur, ce qui constitue la claire-voie; sous la sablière est le chapeau inférieur qui supporte les solives de deux travées voisines; les solives sont écartées entre elles de quantités égales à leur largeur afin que les abouts des solives de l'autre travée puissent s'engager dans les intervalles. JJ sont des tournisses, figure 17, D une guette, T une traverse, G une décharge destinée à reporter les pressions sur la file de poteaux; L est un linteau. On fait le remplissage des trumeaux avec de la maçonnerie légère, qui affleure les faces des pièces de bois et là-dessus on vient faire un enduit ou ravalement : il faut laisser apparentes les pièces d'huisserie.

Cloisons légères. — Enfin, la division est achevée par des cloisons légères assises en un point quelconque du plancher, figure 18, planche V.

Les poteaux sont assemblés dans les solives pour être invariables et les sablières S ainsi que les traverses T s'assemblent dans les poteaux; on peut encore consolider par des écharpes F. Le remplissage peut se faire soit en briques ou carreaux de plâtre posés de champ, soit en bâtons entourés de foin et engagés dans les rainures des poteaux puis recouverts d'un enduit de plâtre ou de torchis, soit en planches M, bien dressées et assemblées à rainure et languette, soit en planches brutes Q recouvertes d'un lattis avec enduit.

Dimensions des pans de bois. — Les pans de bois de façade ont $0^m,22$ à $0^m,25$ d'épaisseur dans un bâtiment de quelque importance; les étages successifs sont en retraite les uns sur les autres, sans quoi ils produiraient mauvais effet, on réduit l'épaisseur de $0^m,01$ par étage.

Les poteaux corniers ont toujours une saillie de 3 à 4 centimètres. Les pans de bois intérieurs, sur lesquels s'appuient les solives des planchers, ont une épaisseur variant de $0^m,15$ à $0^m,22$, suivant leur hauteur.

L'épaisseur des pans de bois pour cloisons, varie de $0^m,08$ à $0^m,15$.

Le remplissage des pans de bois se fait aujourd'hui en carreaux de plâtre, en briques creuses ou en poteries.

Poteaux isolés. — Les poteaux isolés sont en général de forme carrée; cependant, il convient d'en abattre les arêtes par des pans coupés et on arrive alors à la forme octogone.

Les poteaux en bois ne sont jamais posés sur le sol, mais sur un dé en pierre, figure 1, planche VI, à moins qu'ils ne s'assemblent dans une sablière.

Ils n'ont pas assez de masse et de stabilité pour conserver d'eux-mêmes la position verticale comme le feraient des colonnes en pierre, ce qui prouve que celles-ci ne sont pas une imitation des poteaux primitifs en bois.

Les poteaux en bois s'engagent par un tenon dans le poitrail A qu'ils supportent, et ils sont consolidés latéralement par des contre-fiches BB.

Pour donner plus d'élégance à la construction et obtenir une apparence d'arcade, on peut profiler les contre-fiches suivant une courbe d'intrados.

De même, on peut orner la surface du poteau et des contre-fiches de sculptures plus ou moins riches, et terminer la tête du poteau par quelque chose qui rappelle un chapiteau de pilastre.

PLANCHERS EN BOIS.

Les planchers sont des pans de bois horizontaux dont la face supérieure constitue l'aire d'un étage, tandis que la face inférieure constitue le plafond de l'étage inférieur.

Deux genres de pièces entrent dans la construction des planchers :

Les poutres ou sommiers qui forment l'ossature et qui s'appuient en général sur les murs, les solives qui reçoivent le sol ou aire de l'étage et qui s'appuient en général sur les poutres au moins par un bout. Les solives ont presque toujours une dimension uniforme et leur équarrissage est moindre que celui des poutres.

Le plancher le plus simple est celui dans lequel on peut poser les solives sur deux murs parallèles; il faut alors que l'écartement de ces murs ne soit pas trop considérable, figure 2. Les règlements de police interdisent de faire passer des poutres à moins de $0^m,16$ des conduits de cheminée; il faut donc adopter une disposition spéciale pour les solives voisines de la cheminée C; une de ces solives B est arrêtée avant d'arriver à la cheminée et elle repose sur une solive transversale A, qu'on appelle chevêtre; le chevêtre est lui-même assemblé avec les deux solives complètes D et E. La solive B porte le nom de solive boiteuse.

Mais une telle disposition n'est guère admissible que dans une construction en pans de bois parce que les abouts des solives sont reçus par des sablières, et que, loin d'affaiblir le pan de bois, elles le consolident et le contre-ventent. Si l'on scellait dans un mur des pièces aussi rapprochées que des solives, on affaiblirait ce mur outre mesure et on compromettrait la solidité de l'édifice.

Entre deux solives consécutives on laisse un intervalle égal à l'une d'elles de sorte que le vide est égal au plein.

Les scellements dans le mur seraient donc trop multipliés ; on préfère accoler au mur ou engager dans le mur d'une certaine quantité une sablière ou lam-

bourde G, figure 3, planche VI, qui reçoit les abouts des solives. La coupe verticale fait nettement comprendre la disposition adoptée. Figure 4.

Toutes les solives sont exactement placées de niveau et de dévers, afin que leurs faces supérieures se trouvent dans un même plan horizontal.

Lorsqu'on veut ménager encore davantage la maçonnerie du mur et y réduire les scellements au strict nécessaire, on écarte la sablière G du parement du mur, on la scelle à ses deux extrémités seulement dans les murs en retour et on la soutient de place en place par des corbeaux en pierre engagés dans le mur, figure 5, planche VI.

En principe, on ne doit jamais placer de poutres ou de solives à l'aplomb des portes ou fenêtres ouvertes dans un mur. Ainsi, figure 6, planche VI, soit deux solives complètes AA, scellées dans les murs (solives d'enchevêtrure), comprenant entre elles une fenêtre F; on les réunit par une solive transversale B qui porte le nom de linçoir et qui reçoit les solives CC.

L'inconvénient de beaucoup de ces dispositions est que les solives ne sont portées à leurs extrémités que par deux tenons qui sont chargés de transmettre toute la charge aux poutres.

Lorsqu'il existe un certain nombre de solives parallèles C, C, dont on redoute le gauchissement, on les réunit par une lierne transversale DD, ou simplement par des cales que l'on cloue entre les solives pour en maintenir l'écartement.

La figure 7 montre comment on ménage dans un plancher une cage rectangulaire d'escalier, et la figure 8 indique une cage circulaire.

L'épaisseur d'un plancher dépend de la manière dont on rattache les solives aux poutres.

On peut poser simplement les solives sur les poutres, et alors on a l'épaisseur maxima; deux dispositions sont en usage dans ce cas : si les poutres ont une largeur assez considérable, figure 9, on peut placer les solives des deux travées voisines bout à bout; au contraire, si la largeur des poutres n'est pas assez considérable, ou si l'on veut obtenir une plus longue portée des solives sur les poutres, on les fait alterner d'une travée à l'autre comme le montre la figure 10.

Quand on veut ménager la hauteur, on assemble les solives dans les poutres entaillées à cet effet, figure 11, et l'on peut faire l'entaille à queue d'hironde, mais ce n'est point nécessaire. Ces entailles répétées ont le grave inconvénient d'affaiblir les poutres et de faire perdre un bon cube de bois.

Mieux vaut recourir figure 12 à des lambourdes L, ou pièces de petit équarrissage accolées aux flancs de la poutre P et réunies à cette poutre par un double étrier en fer (*abcdef*) et par un boulon ; les solives S reposent sur les lambourdes.

La nécessité de recourir à un linçoir *q*, figure 13, se présente non-seulement lorsqu'il y a dans le mur une ouverture, mais encore lorsque ce mur est traversé par des conduits de cheminée *a*, *a*, dont il faut éloigner les solives S.

Lorsque la forme des pièces est irrégulière ou lorsque l'ouverture augmente dans des proportions considérables, l'établissement des planchers en bois se complique ; les poutres sont d'un très-fort équarrissage, elles présentent des entures que l'on consolide par des étriers en fer, quelquefois même on est forcé de les supporter par des colonnes ou de leur donner la forme de poutres armées, qui sont de véritables fermes en charpente.

Aujourd'hui, ces complications ne sont plus à redouter ; dès qu'il s'agit de franchir de grandes portées on a recours aux poutres ou fermes métalliques,

Supposez qu'il s'agisse d'établir la charpente d'un plancher octogonal, figure 14, le plus simple sera de le porter tout entier sur quatre poutres *a*, *a*,

a, a, scellées dans les murs. On réunira ces poutres par des linçoirs *bb* qui recevront les solives.

On désigne sous le nom de planchers à la Serlio, un système dans lequel on a cherché à remédier à l'insuffisance de longueur des bois ; le plancher à la Serlio convient à des salles de forme quelconque ; choisissons une salle carrée. On prendra par exemple quatre poutres boiteuses, dont chacune rencontre deux des trois autres, figure 1, planche VII ; ces quatre poutres se prêtent un mutuel appui et, si elles sont solidement reliées entre elles par des équerres et des étriers en fer, elles constituent un tout rigide.

Les solives s'appuient d'un bout sur un mur, d'autre bout sur une des poutres.

L'espace carré qui reste vide à la partie centrale est rempli par un système analogue à celui que nous venons de décrire.

En laissant les poutres apparentes par-dessous et les recouvrant de peintures ou de moulures, on obtient un plafond d'un bon effet.

Un autre système de plancher, différent du précédent, est représenté par la figure 2, dans les angles de la pièce, on scelle quatre fortes poutres *a, a, a, a*; vers leur milieu, ces quatre poutres en portent quatre autres *b, b,* qui elles-mêmes en reçoivent quatre autres et ainsi de suite; les intervalles triangulaires sont recouverts de solives. Il va sans dire que les dimensions des poutres *a, b, c,* vont en décroissant d'une manière continue.

Construction des aires et plafonds. — Les aires sont en planches ou en maçonnerie ; les aires en planche sont des parquets ; les aires en maçonnerie sont des pavages, des carrelages, ou des enduits de ciment, de plâtre, d'asphalte, de bitume.

Soit une file de solives S, figure 3, planche VII, à recouvrir d'un parquet. Le parquet le plus simple se compose d'une seule file de planches *a, a,* clouées à l'aplomb de chaque solive ; ces planches sont assemblées à rainure et languette comme le montre la coupe transversale. Elles ont 27 à 34 millimètres d'épaisseur.

Les planches qui conservent toute leur largeur horizontale portent le nom d'ais ; lorsque ces planches sont refendues en deux ou trois morceaux, on leur donne le nom de frises ou d'alaises. Refendues ainsi, elles s'appuient mieux sur les solives ; elles sont toujours assemblées à rainure et à languette, afin de ne point livrer passage à la poussière. Il est rare que ces planches soient assez longues pour occuper toute la longueur de la pièce ; on les aboute, en ayant soin de placer les joints à l'aplomb d'une solive ; on peut se dispenser de placer une rainure et une languette aux joints, cependant c'est une bonne précaution de le faire.

Le plancher simple que nous venons de décrire ne suffit pas dans la plupart des appartements ; il n'est pas assez sourd, et, pour empêcher la propagation des sons, on a recours alors à un double plancher : figure 4, planche VII.

Sur la première assise de planches *a, a,* en contact avec les solives, on place d'autres planches *b, b,* parallèles et à l'aplomb des solives ; elles portent le nom de lambourdes du plancher et c'est sur elles que l'on pose le parquet définitif *c, c.*

Dans l'intervalle vide entre les lambourdes, on pilonne du mortier maigre, ou une pâte formée d'argile et de bourre ou de la mousse sèche.

Lorsqu'on a recours à un double plancher, on le fait d'ordinaire en point de Hongrie, figure 6, ou à fougères figure 5; le point de Hongrie est préférable parce qu'il ne donne pas de joint continu.

Il va sans dire que les parquets doivent être posés avec des clous spéciaux dont la tête oblongue et étroite peut s'enfoncer dans le bois entre les fibres.

De la face supérieure du plancher passons à sa face inférieure, c'est-à-dire au plafond.

Le plafond le plus simple est le tillis, *d*, *d*, formé de planches minces que l'on cloue sous les solives; ce sont des planches de bois blanc, autrefois le tilleul, maintenant le peuplier, figure 4.

Les planches du tillis sont assemblées à rainures et languettes et recouvertes de peinture ; les joints des bouts sont cachés par une baguette moulurée.

Aux tillis, on préfère quelquefois des files de planchettes, figure 7, assemblées à rainures et languettes à la base des solives ; ces planchettes peuvent affleurer la base des solives ou rester un peu au-dessus.

Ce système se prête à l'établissement de caissons ornés.

Dans les maisons modernes, les planchers se composent comme le montre la figure 8 : sur les solives on cloue des bardeaux ou des lattes jointives *a*, *a* ; sur cette surface on établit soit une aire en poussière *bb*, recouverte d'un carrelage *cc*, soit une aire en plâtre recouverte d'un parquet.

Sous les solives, on cloue un lattis *ee* presque jointif ; le lattis est recouvert d'augets en plâtre A ; ces augets adhèrent aux solives parce que celles-ci sont lardées à leur base de vieux clous qu'on appelle des rats pointus. Sous le lattis on applique un plafond en plâtre.

On conçoit sans peine que ces plafonds sont très-sourds ; au contraire, les plafonds en fer qu'on rencontre dans beaucoup de maisons neuves sont très-sonores et par suite très-incommodes.

Calcul des planchers. — On peut calculer, par les formules de résistance des matériaux que nous avons exposées, les dimensions des poutres et solives eu égard aux charges qui leur sont imposées. Nous engageons même le lecteur à le faire toutes les fois qu'il se trouvera en présence d'un cas exceptionnel.

Mais, pour les applications usuelles, on peut es contenter des formules suivantes : en désignant par l la longueur, b l'épaisseur, h la hauteur d'une poutre ou d'une solive, et par E l'espacement de deux poutres ou solives voisines, on a :

$$\text{Pour les solives}\left\{\ h = 0{,}05\ l \qquad b = \frac{h}{2} \quad \text{ou} \quad \frac{h}{\sqrt{2}}\right.$$

$$E = (b) \quad \text{ou} \quad \frac{3}{2}b$$

$$\text{Pour les poutres}\left\{\ h = 0{,}00.l.^4\sqrt{E} \qquad b = (h) \quad \text{ou} \quad \frac{h}{\sqrt{2}}\right.$$

On sait que le bois résiste moins bien à la compression qu'à l'extension ; dans une poutre horizontale qui fléchit, les fibres supérieures sont comprimées et les fibres inférieures étirées : il faudrait donc avoir une plus grande surface de fibres comprimées, c'est-à-dire adopter pour la section transversale une forme en T. On y arrivera en accolant à la partie haute des poutres A, figure 9, planche VII, des pièces *a*, *a* de moindre équarrissage. Par ce procédé, on pourra obtenir une résistance égale en réduisant les dimensions de la poutre principale et on arrivera à une économie notable sur le cube du bois employé.

M. l'ingénieur Lagout a appliqué ce genre de poutres composées à des bâtiments du chemin de fer du Midi ; pour renforcer les pièces principales, il leur accolait les dosses provenant du sciage.

Lorsqu'on emploie des poutres d'une certaine portée et qu'on les laisse apparentes, si elles ont été posées horizontales, elles prennent toujours une certaine flèche; elles semblent céder sous la charge et produisent à l'œil un mauvais effet. Il faut, dans ce cas, recourir à des bois légèrement cintrés; l'apparence est bonne et la résistance elle-même est plus considérable.

Nous ne parlerons pas ici des poutres composées en bois, destinées à franchir de longues portées; nous en avons donné la description dans le cours de ponts.

DES COMBLES.

On donne le nom de combles aux charpentes chargées de supporter la toiture des édifices; cette toiture est généralement formée de plusieurs plans inclinés, cependant on adopte quelquefois des surfaces courbes.

La première chose à déterminer dans un comble, c'est la pente qu'il convient d'adopter pour le toit. Cette pente est nécessaire pour l'écoulement des eaux et surtout des neiges; on a voulu en fixer la valeur, en se basant uniquement sur la latitude; adoptant sous l'équateur des terrasses horizontales, on prenait des inclinaisons croissantes à mesure qu'on s'élevait vers le pôle. Un pareil procédé est inadmissible, car il ne tient pas compte de la matière dont on compose la couverture; il ne tient pas compte de la force des vents régnants et des circonstances locales.

Une couverture en tôle ou en zinc peut recevoir une inclinaison très-faible, alors qu'on en donnera une beaucoup plus forte à une couverture en ardoises ou en tuiles plates. En traitant des couvertures, nous reviendrons sur ce point; il nous suffira de dire ici que, sous le climat de Paris, l'inclinaison de 45° paraît la plus convenable pour les couvertures en ardoises ou en tuiles plates.

Nombre d'égouts. — Le nombre d'égouts que présente une toiture est égal au nombre de plans inclinés qui la composent.

La toiture la plus simple est à un seul égout, c'est un appentis, figure 10, planche VII.

Lorsque l'édifice est élevé sur plan rectangulaire, et qu'on adopte deux égouts en sens contraire, figure 11, les deux plans inclinés sont parallèles aux grands côtés du rectangle, et les murs qui correspondent aux petits côtés de ce rectangle sont élevés en triangle jusque sous les plans inclinés du toit; ces murs portent le nom de pignons. Autrefois, on les plaçait souvent en façade sur rue, parce que cela facilitait la construction de la couverture; on peut, du reste, tirer des pignons sur rue un bon effet architectural, et ils méritent d'être conservés dans certains cas.

S'il s'agit de recouvrir un édifice de plan carré (*mnpq*), figures 12 et 13, on peut adopter deux solutions :

Première solution : on adopte un pignon sur chaque façade; les lignes *ab*, *cd* sont alors des lignes de faîte, avec chacune deux plans inclinés ou égouts. Les lignes *om*, *on*, *op*, *oq* sont en creux et portent le nom de noues; c'est dans les noues que les eaux pluviales se réunissent. Cette disposition donne lieu à une charpente compliquée, mais qui est susceptible de recevoir un aspect élégant etorné.

Deuxième solution : on recouvre le carré *mnpq* d'une pyramide à quatre faces égales, dont le sommet est en (*o*). On a alors ce que l'on appelle un pavillon, et les lignes, telles que *om*, sont des arêtiers.

Aujourd'hui, les pignons ne sont plus guère en usage, même sur les édifices à plan rectangulaire; au petit pan (*ac*), figure 14, correspond un égout spécial, ce qui forme, à l'extrémité de l'édifice, une sorte de demi-pavillon, ce qu'on appelle une croupe.

La croupe est droite, si le petit pan est perpendiculaire au long pan; elle est biaise, si le petit pan est oblique sur le long pan. La croupe (*ac*) est droite, la croupe (*bd*) est biaise, figure 14.

Lorsque deux toitures se rencontrent, figure 14, elles donnent lieu à des intersections et à des angles en creux; ces angles portent le nom de noues lorsque les deux toitures ont même montée, et de nolets lorsque les deux toitures ont des montées différentes. La ligne (*or*) correspond à une noue, et la ligne *gk* à un nolet.

Nous avons donné en stéréotomie, pages 142 et suivantes, les épures des croupes droites, des croupes biaises, de l'empanon délardé, de l'empanon déversé; nous ne reviendrons pas sur ce sujet qui a été traité en détail, et qui se trouvait parfaitement à sa place à la suite de la géométrie descriptive.

Toiture à deux égouts sans ferme. — La toiture à deux égouts la plus simple est représentée par la figure 1 de la planche VIII.

a,*a* sont des chevrons, dirigés suivant la ligne de plus grande pente des égouts, assemblés à mi-bois en leur sommet et engagés, par leur pied, dans une entaille que présente la sablière (*d*), laquelle est posée horizontalement au sommet du mur.

Les chevrons sont espacés de $0^m,45$ à $0^m,65$, suivant le poids de la toiture; ils sont réunis par des lattes horizontales, destinées à recevoir, par exemple, des tuiles.

Pour mieux relier les chevrons entre eux et pour soutenir le sommet, on place sous ce sommet, en (*b*), une pièce longitudinale, le faîte, qui s'appuie sur les deux pignons extrêmes; les chevrons sont fixés sur le faîte avec des broches en fer ou en bois.

Sous l'influence de la pesanteur, les chevrons tendent à s'affaisser; ils exercent donc sur la sablière (*d*), outre la pression verticale, une poussée horizontale, qui serait capable de renverser le mur, si on ne lui résistait par des moyens spéciaux; c'est la pièce horizontale (*e*), appelée tirant, qui est chargée de cette mission. Cette pièce, scellée à ses extrémités dans les murs de l'édifice, présente sur sa face supérieure une entaille où l'on engage et dans laquelle on fixe la sablière. La poussée horizontale n'est plus transmise au mur, mais au tirant qui est calculé de manière à lui résister. Le mur n'a plus que des efforts verticaux à recevoir.

En (*c*), à la base des chevrons, on aperçoit des pièces qui s'en détachent et viennent s'appuyer au bord de la corniche; ce sont les coyaux destinés à recevoir la partie de la toiture qui conduira les eaux pluviales au delà du mur

Fermes en charpente. — La disposition simple que nous venons de décrire n'est applicable qu'à de faibles ouvertures; dès que la longueur d'un chevron dépasse deux ou trois mètres, il ne peut plus supporter sans fléchir sa part de toiture, et il faut lui ménager des appuis intermédiaires entre le faîte et la sablière.

Ces appuis intermédiaires sont des pièces horizontales *f*, figure 2, appelées pannes.

Les cours de pannes sont espacés de 2 à 3 mètres. Leur nombre est donc variable suivant l'ouverture de l'édifice.

Les pannes sont supportées de distance en distance par des pans transversaux de charpente, que l'on appelle fermes; les fermes sont plus ou moins espacées, suivant leur propre force et suivant le poids probable qu'elles peuvent avoir à porter. Dans notre *Traité des ponts et viaducs en bois et en métal*, nous avons donné le calcul des diverses fermes en charpente; le lecteur voudra bien se reporter à cette partie de notre Manuel.

La figure 2 de la planche VIII est une ferme simple : les chevrons sont représentés en (*a*); ils reposent en haut sur le faîte (*d*), en bas sur la sablière (*b*), et au milieu sur la panne *f*. La ferme triangulaire, qui supporte les pannes et le faîte, comprend trois pièces principales :

Les arbalétriers, *h,h*, parallèles aux chevrons;

Le tirant horizontal *c* dans lequel le pied des arbalétriers s'assemble à embrèvement;

Et le poinçon vertical (*g*), au sommet duquel les arbalétriers s'assemblent à tenon et mortaise avec embrèvement, et dont le pied est relié au tirant par un étrier en fer.

Sous la charge qui leur est transmise par les pannes, les arbalétriers tendent à fléchir et, par suite, à soulever le poinçon, qui se trouve ainsi soumis à l'extension; mais, comme il est relié au tirant, il ne peut être soulevé, et réagit sur les arbalétriers pour les comprimer suivant leur axe. Le tirant, qui s'oppose à l'écartement des pieds des arbalétriers, est lui-même soumis à l'extension.

Sous l'influence de son propre poids, le tirant fléchit; si sa longueur était considérable, il prendrait un ventre accusé; il est utile de le relier au poinçon par un solide étrier en fer, afin de s'opposer à cette déformation disgracieuse.

Sous les pannes, on place d'ordinaire des liens ou contre-fiches, *ii*, qui s'opposent à la flexion des arbalétriers, qui reçoivent une certaine compression et la transmettent au poinçon.

On voit que toutes les pièces de la ferme ont leur rôle bien défini et se prêtent un mutuel appui.

Les fermes transversales sont reliées entre elles, figure 2, par le faîte *d*, par les pannes (*f*) et par la sablière (*b*); cela ne suffit pas pour empêcher l'invariabilité du système; on l'assure au moyen de ce qu'on appelle la ferme sous faîte. La ferme sous faîte comprend les poinçons *g*, le faîte *d* et les aisselliers *j*, assemblés d'une part sur les poinçons, d'autre part sur le faîte.

Lorsque les fermes sont de grandes dimensions, on complète même la ferme sous faîte, au moyen de pièces horizontales placées vers le milieu des aisselliers *j*, ou encore au moyen de moises horizontales.

Lorsque le bâtiment se termine à des pignons, ceux-ci tiennent lieu de fermes extrêmes; s'il existe des croupes, on dispose des demi-fermes d'arêtiers et une demi-ferme de croupe à chaque extrémité. La dimension horizontale de la croupe est généralement inférieure à celle de l'égout de long pan, et la toiture est plus inclinée; cela tient à ce que les demi-fermes d'arêtier et de croupe sont moins rigides et plus déformables que des fermes complètes; il faut donc les soumettre à de moindres poussées horizontales.

La figure 3 de la planche VIII représente une ferme plus compliquée. Les chevrons sont soutenus par trois cours de pannes; on s'oppose au glissement des pannes sur les arbalétriers au moyen de taquets cloués.

Au milieu des arbalétriers on aperçoit l'entrait *k*, auquel se termine le poinçon (*g*); l'entrait correspond aux pannes du milieu; celles d'en haut sont soutenues par les liens *ii*, qui reportent la pression sur le poinçon *g*; à celles d'en

bas correspondent les contre-fiches verticales ou inclinées *ll*, qu'on appelle les jambettes.

Lorsqu'on veut ménager à la partie haute de l'édifice un grenier habitable, on peut recourir à la disposition de la figure 4, planche VIII.

Le premier cours de pannes correspond aux liens *ii* qui agissent sur le poinçon *g*; le second cours de pannes est soutenu par les jambettes verticales qui s'appuient sur l'entrait ou faux-tirant. Le système situé au-dessus de l'entrait est applicable à une ferme à deux cours de pannes.

L'entrait est supporté par les jambes de force (*s*) ou faux arbalétriers, dont la poussée est transmise au véritable tirant *t*, lequel est scellé dans le mur au-dessous de la corniche; on s'oppose à la déformation de la partie de la ferme située sous l'entrait au moyen des aisselliers *u* et des blochets *y*; ceux-ci sont assemblés dans les faux-arbalétriers, au moyen d'une queue d'hironde avec clef; en outre, ils enserrent à mi-bois les chevrons *a*, les coyaux et la sablière.

L'espace compris entre l'entrait et le tirant n'est embarrassé d'aucune pièce et constitue un grenier très-commode.

Lorsque l'on a des combles à pente peu accusée, on peut disposer les fermes de la toiture, comme le montre la figure 7 de la planche VIII.

Les arbalétriers sont assemblés à tenon et mortaise avec embrèvement d'une part dans le poinçon *g*, d'autre part dans le tirant *t*; les liens et contre-fiches placés sous les pannes relient les arbalétriers aux tirants.

Une ferme de cette nature ressemble plutôt à une poutre armée qu'à une ferme proprement dite; il y aurait avantage à la faire tout en métal, ou, partie en métal, partie en bois.

Combles à la Mansart ou combles brisés. — On attribue à l'architecte Mansart l'invention des combles brisés, qui permettent d'établir, à la partie haute des édifices, un étage plus habitable qu'un grenier ordinaire. C'est dans cet étage qu'on trouve les mansardes.

La figure 5 de la planche VIII représente un type de comble à la Manart. La partie située au-dessus de l'entrait est une ferme basse à un seul cours de pannes; les jambettes ne s'assemblent pas dans le poinçon parce que l'inclinaison des arbalétriers est trop faible, elles s'assemblent dans l'entrait; l'entrait est supporté par les jambes de force *s*, assez rapprochées de la verticale et l'assemblage est consolidé par des aisselliers *u*.

Les pannes *n*, ou pannes de brisis, servent de sablières aux chevrons du comble supérieur ou faux comble; on voit en (*o*) les chevrons du comble inférieur avec leur sablière à la base et leur coyaux; la sablière est reliée au faux arbalétrier par des étriers en fer ou de simples tiges, tenant lieu de blochets.

Les faces inclinées du comble inférieur se prêtent bien à recevoir une couverture en ardoises; pour celles du faux comble, on est quelquefois obligé de les recouvrir de métal.

Il est à remarquer que le tirant inférieur n'est soumis qu'à une faible tension, et qu'on peut à la rigueur le supprimer, ce qui permet d'attribuer toute la hauteur de la mansarde à l'étage du dessous, les faux arbalétriers *s* sont alors reçus par une sablière spéciale (*z*), et il est facile de profiler la partie inférieure de la ferme suivant une anse de panier, figure 6 planche VIII.

Il a été donné plusieurs méthodes pour tracer un comble à la Mansart; généralement on décrit un demi-cercle sur l'ouverture qui existe entre les deux murs, et on place l'entrait soit aux $\frac{2}{3}$ soit aux $\frac{3}{4}$ du rayon vertical. Il est facile

de varier suivant les cas et suivant la pente minima qu'on veut obtenir pour les toitures.

Pour terminer, voici d'après Émy, les équarrissages des bois employés dans les combles.

DIMENSIONS DES FERMES EN MÈTRES.			ÉQUARRISSAGES EN MILLIMÈTRES.								
LARGEUR.	HAUTEUR.	ÉCARTEMENT.	TIRANTS.	JAMBES DE FORCE.	1er ENTRAIT.	2e ENTRAIT.	ARBALÉTRIERS.	LIENS.	POINÇONS.	PANNES.	CHEVRONS.
mètr.	mètr.	mètr.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	mill.	mill.	
6.50	3.25	3.25	245 à 270	»	190 à 190	»	190 à 215	135 à 160	190	135	Équarrissage uniforme 110.
8.00	5.00	3.60	270 à 300	»	190 à 215	»	190 à 215	160 à 190	215	135	
10.00	6.50	4.00	300 à 350	»	215 à 245	»	215 à 245	160 à 190	215	160	
12.00	8.00	5.00	325 à 380	245 à 325	245 à 270	215 à 245	245 à 270	190 à 215	245	190	
14.00	9.00	7.50	350 à 405	325 à 380	245 à 270	215 à 245	270 à 300	190 à 215	270	215	

Fenêtres dans la toiture. — Lorsqu'il y a lieu d'établir des baies dans la toiture, on adopte une disposition analogue à celle que représente la figure 1 de la planche IX.

On arrête un des chevrons (*a*) à une pièce horizontale *b* qui s'assemble à tenon et mortaise dans les deux chevrons voisins; ceux-ci se prolongent comme d'ordinaire jusqu'à la corniche. Sur ces deux chevrons, limitant la baie, on établit des fermes en charpente comprenant un faux chevron (*c*), un potelet vertical *d*, et une traverse horizontale (*e*); un lien incliné *f* consolide ces fermes; des pièces horizontales *m*, *n*, *p*, *q* complètent les cadres et reçoivent les abouts des chevrons et faux chevrons. Ces derniers supportent un toit moins incliné que le toit principal.

Les modifications à apporter au système pour des baies de moindres dimensions se comprennent d'elles-mêmes; le système peut se réduire à un simple cadre rectangulaire, placé dans le plan du toit principal et recevant un châssis vitré.

Au passage des cheminées, il va sans dire que les chevrons sont interrompus; on a recours alors à des linçoirs, ou traverses horizontales, comme nous l'avons vu pour les planchers.

FORMES DIVERSES DE COMBLES ET DE FERMES.

Les fermes précédentes sont celles que l'on rencontre le plus souvent; il en est d'autres plus rares qui n'en sont pas moins susceptibles de rendre de sérieux services et qu'il faut connaître.

1° La figure 2 de la planche IX représente la ferme d'un toit à faible inclinaison; cette ferme se compose d'un tirant et de deux arbalétriers dont les abouts, taillés à embrèvement pénètrent dans les extrémités du tirant; à leur sommet, les arbalétriers s'assemblent dans un poinçon, qui lui-même soutient le tirant au moyen d'un étrier en fer forgé.

Les pannes sont également espacées; immédiatement en arrière des pannes, on aperçoit des moises verticales qui rendent solidaires les arbalétriers et le tirant.

La ferme est transformée en une véritable poutre armée.

En réalité, on pourrait remplacer le poinçon par deux moises.

Ce système est analogue à celui de la figure 7 planche VIII, seulement, à la place des liens inclinés, on trouve des moises.

La charge est uniformément répartie sur les arbalétriers, car, dans ce système, les pannes sont plus rapprochées que d'ordinaire; quelquefois même elles dispensent de l'emploi des chevrons. La ferme affecte la forme d'une poutre d'égale résistance, ce qui est rationnel.

2° La figure 3 de la planche IX représente une ferme imitée de l'antiquité, et dont on trouve la description dans Vitruve. Cette ferme appartient à l'église de Sainte-Sabine, à Rome, et doit remonter au cinquième siècle de notre ère. Elle comprend un tirant avec des sous-poutres à ses extrémités, sous-poutres destinées à produire une sorte d'encastrement du tirant; ce dernier reçoit les abouts des arbalétriers, et un fer forgé rend solidaires l'arbalétrier, le tirant et la sous-poutre. Les pannes sont uniformément réparties.

Comme l'arbalétrier, s'il restait seul, aurait trop de longueur et fléchirait sous la charge, on le renforce par une armature inférieure *a*, qui le supporte et qui règne à peu près sur les deux tiers de sa longueur; cette armature s'assemble à embrèvement dans le tirant et, à son extrémité supérieure, est soutenue par une contre-fiche *b* qui transmet au poinçon une partie de l'effort vertical. Le poinçon est lui-même relié au tirant par un étrier en fer; c'est une précaution qu'il ne faut pas oublier; un tirant, vu d'une certaine distance, paraît fléchir même s'il est horizontal. S'il n'est pas soutenu en son milieu, il fléchira toujours sous son propre poids et produira un effet disgracieux; on peut remédier à cet inconvénient en profilant en courbe la face inférieure du tirant, ou en le courbant légèrement à l'avance, au moyen des procédés que nous avons décrits dans le traité de l'exécution des travaux.

Lorsque le tirant n'est pas courbé naturellement ou artificiellement, lorsqu'il présente une portée notable et doit rester apparent, il faut le relier solidement à un poinçon en bois ou en fer, et même arriver, par la tension, à lui donner une certaine convexité.

3° La figure 8 de la planche VIII est une ferme d'un comble de grande ouverture, supportant un toit à inclinaison rapide. Ce système a été d'un grand usage au moyen âge, lorsque le système ogival conduisait à adopter de longs toits pointus: le tirant est maintenu horizontal et renforcé à ses extrémités par des sous-poutres et à sa partie centrale par un poinçon vertical formé d'une tige de fer reliée à l'entrait. Les arbalétriers sont soutenus, sur une partie de leur longueur par une armature (*a*) qui double leur section; cette armature bute, en bas contre un lien *c* qui s'assemble dans le tirant, en haut contre l'entrait (*b*). Au-dessus de l'entrait, on voit une ferme ordinaire. En disposant sur la tige verticale en fer *d* une vis à double écrou, on peut produire tel serrage que l'on veut et régler convenablement la flèche du tirant principal.

Le toit que représente la figure 8 est d'inclinaison moyenne; on en a fait de beaucoup plus pointus, et alors il fallait placer à la partie inférieure des arbalétriers plusieurs armatures telles que (*a*); l'armature la plus basse ne régnait que sur une certaine hauteur et s'arrêtait à un premier entrait; celle qui la surmontait immédiatement s'arrêtait plus haut à un second entrait, et ainsi de suite. L'épaisseur de l'arbalétrier composé allait donc en diminuant de la corniche jusqu'au faîte, et les entraits successifs divisaient le comble en une série d'étages qui allaient se rétrécissant.

Ce type peut encore être utilisé dans les pays où la neige tombe en grande abondance.

4° Lorsqu'on veut supprimer le tirant horizontal, qui, quelquefois, sera gênant, par exemple dans une usine, dans une gare de chemin de fer, on peut adopter une disposition analogue à celle de la figure 4 planche IX.

Les deux arbalétriers *a*, *a* assemblés à mi-bois à leur sommet, forment un système que l'on rend invariable au moyen d'une croix de Saint-André, composée de deux longues pièces *b* et *c*, assemblées à mi-bois à leur point de rencontre, ainsi qu'au point où elles coupent la partie haute des arbalétriers. En bas ces pièces reçoivent les abouts des arbalétriers au moyen d'un assemblage à clef et la solidarité est établie par une frette en fer.

Ce système a l'inconvénient, pour les grandes portées, d'exiger de longues pièces de bois, mais, à la rigueur, ces pièces peuvent être entées au moyen de fourrures en tôle et réunies par des moises pendantes, de sorte qu'on arrive à une stabilité satisfaisante.

5° Dans les constructions du moyen âge et même dans quelques constructions de nos jours, on a substitué aux fermes en charpente des fermes en maçonnerie, analogues à celle qu'indique la figure 5 de la planche IX.

A une distance uniforme, qui dépend du nombre et de la force des pannees on construit des voûtes ou arceaux en maçonnerie occupant en plan peu d'espace, pour extrados de ces arceaux, on adopte une ligne droite inclinée suivant la pente du toit projeté, et c'est sur cet extrados qu'on pose les pannes qui reçoivent la toiture.

Ce système de construction, qui tient le milieu entre l'emploi exclusif du bois et l'emploi exclusif de la charpente, doit être économique; en combinant les arceaux en maçonnerie avec des pannes en fer, on arriverait sans doute à élever à peu de frais de vastes édifices, des églises, des gymnases, etc.

L'ogive surhaussée, qui n'exerce qu'une faible poussée, est évidemment la courbe d'intrados qui convient le mieux; c'est celle que représente la figure 5. A chaque arceau doit correspondre un contre-fort A', convenablement profilé suivant les principes que nous avons exposés à la première partie de notre *Traité des ponts*.

6° *Combles à la Philibert de Lorme.* — Le système de combles, inventé par Philibert de Lorme, au seizième siècle, et remis au jour lorsqu'on construisit, à la fin du dernier siècle, la coupole de la halle aux blés de Paris, consiste dans l'emploi d'arcs composés avec des planches de champ accolées les unes aux autres.

Ce système est représenté par les figures 6 et 7 de la planche IX.

Bien qu'il exige une main-d'œuvre assez considérable, il n'en est pas moins économique pour les grandes portées, parce qu'il permet d'employer des bois de petites dimensions au lieu de ces pièces énormes si rares à trouver et si difficiles à mettre en place.

Il a du reste l'avantage de permettre la suppressiou des tirants et entraits et on peut avec lui recourir à des fermes courbes comme celle de la figure 6, 7, c'est-à-dire à une disposition très-élégante.

Les figures 6 et 7 représentent une ferme profilée en demi-cercle *a*, *a* et formée de deux planches de champ accolées. Les deux cours de planches B et C sont indiqués nettement sur la vue perspective à grande échelle; on commence par poser les planches à plat, les unes au-dessus des autres, de telle sorte que les joints se découpent, puis on trace l'intrados et l'extrados courbe et on enlève les parties de bois qui se trouvent en dehors. Au milieu de chaque joint, on perce normalement aux deux cours de planches et de part en part des trous rectangulaires; lorsque les fermes seront en place, ces trous livreront passage à des liernes ou entretoises horizontales, qui servent à maintenir l'écartement de toutes ces fermes; chaque lierne, à sa sortie et à son entrée dans une ferme, est percée d'une mortaise la traversant de part en part et recevant une clef en bois qui a deux missions à remplir : assurer l'écartement constant des fermes et serrer les unes contre les autres les planches qui constituent les deux cours d'une ferme. La partie pleine de lierne, qui subsiste entre les deux mortaises comprenant une ferme, doit être un peu moindre que l'épaisseur de cette ferme, afin qu'on puisse, à coups de maillet, serrer les clefs à la mesure convenable.

Les fermes que nous avons représentées, composées chacune de deux planches de $0^m,22$ de largeur et de $0^m,027$ d'épaisseur, n'etaient écartées que de deux pieds ($0^m,66$); elles reposent sur des sablières et supportent des chevrons de même épaisseur, formés de la même manière. Vu le faible écartement des fermes les pannes sont inutiles.

A la rigueur, on pourrait se dispenser des chevrons et établir une couverture cylindrique; on arriverait à plus de légèreté et d'économie, mais il faudrait évidemment un système spécial de couverture.

Les plus belles applications du système de Philibert de Lorme ont été faites par lui-même aux châteaux de Saint-Germain-en-Laye, de la Muette et d'Anet. Il eut même l'idée de composer avec des poutres de champ des poutres à grande portée pour les planchers.

Depuis, le système a été appliqué à la halle aux blés de Paris, au salon de l'ancien palais de la Légion d'Honneur, à l'église de Saint-Philippe du Roule, à des cales couvertes exécutées à Rochefort et à Lorient par les ingénieurs des ports militaires.

7° *Système du colonel Émy.* — Aujourd'hui, on préfère généralement le système du colonel Émy, lequel est plus simple et surtout plus solide que le précédent.

Il consiste en l'emploi d'arcs formés de planches ou madriers courbés à plat, posés par assises les uns au-dessus des autres et rendus solidaires par des étriers et des boulons en fer.

Tout ce qui touche à la courbure des bois est exposé en détails dans notre *Traité de l'exécution des travaux*. Dans notre *Traité des ponts en charpente*, on trouvera les belles applications du système Émy à la construction de ces ouvrages et nous engageons le lecteur à revoir les observations que nous avons faites à ce moment.

Le système d'arcs en madriers courbés sur leur plat, a fait faire un très-grand pas à l'art de la charpenterie; il a permis de construire des fermes légères et économiques avec des portées considérables.

Les figures 8 et 9 de la planche IX, font nettement comprendre le système.

La figure 8 est une élévation partielle d'une ferme du manége de Libourne; l'intrados est un demi-cercle d'environ 21 mètres de diamètre, l'écartement des fermes est de $3^m,20$. Ces fermes reposent sur des sablières, supportées elles-mêmes par des murs épais; cette circonstance a permis de ne pas trop s'inquiéter de la poussée que détermine la flexion des arcs. Dans les cas ordinaires, il faudrait tenir compte de cette poussée et l'annuler, soit en posant la sablière sur un chariot de dilatation (voir les ponts métalliques), soit en plaçant aux naissances un tirant en fer rond, qui devrait être relié au sommet de la ferme par un poinçon de même matière s'opposant à la flexion.

Les arcs sont composés de cinq cours de planches dont les joints se contrarient; les planches sont serrées les unes contre les autres par des étriers en fer et par des boulons comme le montre la figure 9; les arcs sont embrassés en outre par des moises que représente à plus grande échelle la figure 9, ces moises sont serrées énergiquement.

D'autres moises horizontales, embrassant les moises précédentes et posées sur les arcs aux passages desquels elles sont entaillées, établissent la solidarité entre les fermes successives et les contreventent.

Par ces calculs, Émy a montré que les fermes de son système coûtaient moins cher que les fermes ordinaires, à partir d'une ouverture de 14 mètres.

8° *Arcs en bois.* — La figure 10 de la planche IX donne une idée des arcs en bois dont on a fréquemment composé les fermes qui supportent le toit des hangars de chemins de fer.

Ces arcs sont formés de voussoirs ou panneaux en bois, réunis par des boulons, et juxtaposés comme le seraient des voussoirs en pierre. Chaque voussoir comprend : une semelle d'intrados, une semelle d'extrados et deux montants dirigés suivant les rayons de courbure; le cadre rectangulaire, qui en résulte, est renforcé et rendu indéformable par une croix de Saint-André. Ces voussoirs peuvent être montés à l'avance sur un chantier quelconque et transportés au lieu d'emploi; ils sont donc économiques et permettent de mener rondement la construction.

Le lecteur trouvera, dans notre cours de ponts en charpente, d'autres exemples d'arcs en bois qui pourraient être facilement appliqués à la construction de fermes de grande ouverture.

Nous avons passé en revue les principales espèces de combles, et nous terminerons là cette étude; l'importance des grands combles en charpente a, du reste, bien diminué depuis le développement énorme qu'a pris la charpente en fer.

ÉTAIEMENT DES BATIMENTS.

L'étayement des bâtiments est une partie importante de l'art de la construction; elle enseigne les moyens de prévenir de graves accidents et d'opérer le sauvetage d'ouvriers enfouis sous des éboulements.

En ce qui touche l'ouverture de puits et de galeries blindées dans des masses de terre ou de rocher, nous avons donné tous les renseignements nécessaires dans notre *Traité de la construction des souterrains*, et nous engageons le lecteur à s'y reporter.

Nous ne traiterons ici que ce qui est relatif à l'étayement des fouilles à ciel ouvert et des bâtiments. Tous les systèmes d'échafaudages pour la construction

et le ragréement des édifices ont été décrits dans la section du *Manuel* intitulée : *Exécution des travaux.*

Fouille étrésillonnée. — Lorsqu'on a à exécuter une fouille, par exemple à l'emplacement d'un mur, d'un aqueduc, etc., il est bien rare qu'on ait affaire à des terres se tenant seules, et il faut soutenir les parois de l'excavation, sans quoi il se produirait des éboulements dangereux, ou on serait forcé de donner aux terres leur talus naturel d'écoulement, ce qui entraînerait une dépense considérable. Même dans les sols les plus consistants en apparence, il arrive que des éboulements partiels se produisent; l'architecte ou l'ingénieur, pour mettre sa responsabilité à couvert, doit donc prendre toujours les plus grandes précautions.

Si la terre est coulante, argileuse ou vaseuse, on recouvre les parois d'un plancher continu, derrière lequel on place même quelquefois un fascinage; ce plancher ou blindage, est formé généralement de planches horizontales que l'on pose au fur et à mesure de l'approfondissement. Les deux parois se rapprocheraient évidemment si on ne maintenait l'écartement des planchers au moyen d'espèces de fermes verticales; ces fermes se composent de pièces posées à plat suivant la ligne de plus grande pente des parois, et entre elles on chasse à coups de maillets des étrésillons ou pièces obliques, inclinées alternativement vers le haut et vers le bas, de manière à produire un arc-boutement.

La figure 11 de la planche IX représente une fouille blindée et étrésillonnée.

Les pièces *a,a*, sont des étrésillons.

Les pièces *b,b*, sont des couchis debout, et leur ensemble constitue les fermes qui sont plus ou moins espacées suivant la fluidité du sol;

Les pièces *c,c*, sont les couchis dont est formé le blindage.

Dans certains cas, on pourra supprimer les couchis; quelquefois même, les couches debout deviendront inutiles et quelques étrésillons suffiront; mais il convient toujours de ne pas trop chercher l'économie sur ce point.

Cintres ordinaires. — Nous avons donné dans notre *Traité de ponts* de nombreux modèles de cintres pour grandes et petites voûtes; nous n'aurons donc que quelques mots à en dire ici.

Le cintre le plus simple est celui de la figure 5, planche X, il comprend un entrait, un poinçon, et deux veaux profilés à l'extrados suivant un quart de rond; le tout peut être assemblé à tenon et mortaise, mais il est plus simple de clouer simplement les pièces les unes sur les autres ; ces cintres sont posés sur des semelles que supportent des poteaux et le décintrement est très-facile. On rappelle ici que tout décintrement doit être lent et progressif; si la voûte n'est pas stable, elle doit rester sur le cintre et non s'effondrer comme elle le ferait sous l'influence d'un décintrement brusque.

Les fermes, généralement espacées d'un mètre, sont revêtues d'un plancher cloué, formant une sorte de cuve renversée demi-cylindrique. Cette cuve a, par exemple, trois mètres de long, elle sert à construire successivement les diverses parties de la voûte.

Au poinçon il conviendra en général de substituer des moises verticales. La figure 4 de la planche X, représente un cintre formé de deux cours de planches de champ (système Philibert de Lorme), clouées les unes sur les autres.

Ce cintre s'applique à des voûtes de 2 mètres de diamètre ; le précédent convient à des voûtes de 1 mètre.

Pour des voûtes de plus grande ouverture, on aura recours à un système ana-

logue à celui de la figure 1, planche X; on tombe alors dans les grands cintres.

Si l'on veut ouvrir dans un mur une baie surbaissée, on établira dans le plan de chaque parement du mur une ferme comme celle que représente la figure 2, planche X, et sur les deux fermes on posera les couchis qui recevront les voussoirs. On trouve l'application de ce cintre dans la construction du canal de fuite qui fait suite aux roues des usines.

La figure 12 de la planche IX représente encore un cintre pour voûte de cave surbaissée. Il comprend un entrait, un poinçon, des liens inclinés et des segments de courbe qui reçoivent directement le cuvelage.

Souvent, on substitue aux couchis un remplissage en mortier ou en plâtre reposant sur la ferme et profilé à la partie supérieure suivant la courbe qu'on veut obtenir.

Ce système est notamment en usage pour la construction des fenêtres cintrées, figure 3, planche X : sur deux poteaux on place un chapeau, et au-dessus on établit avec de la maçonnerie grossière et du plâtre le moule de la voûte.

Nous rappellerons que pour les voûtes souterraines on peut quelquefois se passer de cintre, en établissant directement la maçonnerie sur le sol convenablement profilé; on effectue le déblai inférieur après que la voûte est construite et que la maçonnerie a fait suffisamment prise. Il est clair qne ce procédé exige quelques précautions et qu'il ne faut y avoir recours que lorsque la stabilité de la voûte est parfaitement assurée.

Étayement des bâtiments. — Le principe de l'étayement des bâtiments est de présenter, normalement aux efforts de poussée qui peuvent se développer, des pièces de bois suffisamment résistantes. Il faut encore prévoir les déversements susceptibles de se produire et s'y opposer au moyen de contre-fiches.

L'étayement des bâtiments est nécessaire lorsqu'on veut les reprendre en sous-œuvre, lorsqu'ils menacent ruine, lorsque l'on veut les percer de nouvelles baies.

Les figures 6 et 7 de la planche X, extraites du *Traité de charpente*, du colonel Émy, représentent les principaux systèmes d'étais qu'on peut avoir à appliquer à un bâtiment; ces figures donnent l'élévation d'un grand mur de face avec la coupe en travers.

Le mur de face est étayé par le long étai, ou arc-boutant A, engagé au sommet dans une entaille faite avec soin dans le mur, et reposant par son pied sur une semelle M. Cette semelle doit être établie sur un sol résistant; il faudra donc, dans certains cas, déblayer pour aller chercher ce sol résistant; si l'on craint des tassements, on répartira la pression sur une étendue convenable en posant la semelle M sur un cadre ou grillage horizontal en charpente.

Pour exercer une pression suffisante, les étais doivent être peu inclinés et aussi rapprochés que possible de la verticale; s'ils étaient trop inclinés, le pied glisserait sur la semelle et il faudrait pour la maintenir une pression considérable. A cet effet, l'inclinaison de l'arc-boutant sur l'horizon doit être supérieure à 68°.

Pour roidir les étais, on peut les frapper au pied avec de grosses masses en fer, mais c'est un mode d'opérer dangereux, surtout lorsqu'il s'agit de bâtiments menaçant ruine, et il vaut mieux obtenir le mouvement de progression au moyen d'une pince en fer agissant comme levier ou d'un cric. Quand on a obtenu la roideur suffisante, on enfonce une cale entre l'étai et la semelle et l'on arrête cette cale au moyen d'un crampon.

Il va sans dire qu'on ne doit pas chercher une roideur exagérée, parce qu'on courrait risque de renverser le mur.

Quand ce mur est trop mauvais pour qu'il soit possible d'y ménager la cavité où se loge la tête de l'arc-boutant, on applique sur sa face intérieure et sur sa face extérieure des madriers qu'on réunit par des boulons traversant le mur, l'étai vient s'assembler à embrèvement sur le madrier extérieur.

Outre le renversement du mur de face, si on redoute un mouvement latéral, il faut consolider l'arc-boutant principal A par des contre-étais D, assemblés et boulonnés à leur sommet sur l'étai principal et reposant par leur pied sur des semelles spéciales.

Généralement, l'arc-boutant A ne suffira pas, et on devra placer au-dessous de lui des arcs-boutants secondaires, tels que B.

La figure 6 représente les dispositions adoptées pour substituer à deux fenêtres du rez-de-chaussée et au trumeau intermédiaire une grande baie pour porte cochère ou pour boutique ; à cet effet, on a recours à des chevalements.

On commence par percer le mur de face à l'emplacement des solives (*a*) que l'on fait passer dans le mur ; on soutient ces solives en dehors et en dedans par les pièces inclinées *b*, assemblées à entailles par leur sommet dans les pièces (*a*) et reposant par le pied sur des couchis *c* ; le pied des pièces *b* est taillé à double biseau, afin qu'on puisse, avec des pinces ou des masses, le faire glisser facilement sur le couchis et produire une roideur suffisante.

Le solive horizontale (*a*) est le corps du chevalet, et les pièces inclinées *b* en sont les pieds ; ces pieds sont maintenus au moyen de cales clouées sur les couchis.

Les chevalements placés, on démolit la partie inférieure, on perce la baie, on place le poitrail *f*, on construit une bonne maçonnerie très-résistante au-dessus de ce poitrail dans la partie démolie, puis on enlève les chevalets et on bouche les trous des pièces (*a*).

Il est bon de faire du remplissage avec de la maçonnerie de ciment et dans certains cas on devra établir un arc de décharge en pierre de taille; cet arc sera même nécessaire, si on ne veut pas recourir à un poitrail en bois. L'usage du poitrail en bois dans les murs de face, usage encore si répandu en France, devrait bien disparaître ; il est si facile aujourd'hui, grâce aux ciments, de construire des baies cintrées qu'on ne conçoit pas que l'on continue à associer, sur les surfaces exposées à la pluie, le bois et la maçonnerie.

Lorsqu'on exécute ainsi une reprise en sous-œuvre, il faut étrésillonner les fenêtres supérieures comme le montre la figure 6 ; entre deux poteaux verticaux, on serre des étrésillons d'une longueur supérieure à l'intervalle vide, on les pose successivement en commençant par le bas, leurs extrémités se contre-butent entre elles et l'extrémité du dernier est maintenue par une cale.

Dans la fouille blindée de la figure 1, planche IX, on devra recourir à des étrésillons se contrebutant, lorsqu'on se trouvera en présence d'un très-mauvais sol ; on emploiera de la sorte beaucoup plus de bois, mais la solidité sera mieux assurée.

Lorsqu'il s'agit d'étayer un plancher trop chargé, on a recours à un système analogue à celui de la figure 1, planche XI ; *a*,*a*, est une pièce horizontale ou couche haute, placée sous le plancher à soutenir, *d*,*d*, est le couchis ou couche basse ; entre les deux couches on serre des étais *b*,*c*, qui prennent le nom de pointeau lorsqu'ils se rapprochent de la verticale comme le fait *b*. Les extrémités de ces étais sont toujours taillées en double biseau, afin de faciliter le serrage et afin d'empêcher le bois de s'éclater comme il le ferait s'il portait sur une arête.

La figure 2 de la planche XI représente un système servant à étayer une porte en arc surbaissé que surmonte une baie en plein cintre.

Ces exemples suffiront à indiquer les mesures qu'il convient d'adopter suivant les divers cas.

Transport des bâtiments. — Le transport de bâtiments en maçonnerie d'une place à une autre a été tenté plus d'une fois avec succès et, avec les moyens dont nous disposons aujourd'hui, n'offrirait plus aucune difficulté. Nous avons vu comment on déterminait le mouvement de progression des plus lourds tabliers métalliques, comment, au moyen de verrins, on pouvait supporter des voûtes en maçonnerie, les abaisser et les relever à volonté ; comment, au moyen de presses hydrauliques, on était arrivé à soulever des masses énormes, telles que des tabliers de grands ponts métalliques, des navires, etc.

Mais ce sont là évidemment des opérations exceptionnelles dont la description ne peut rentrer dans notre cadre.

Le transport d'un bâtiment ordinaire n'offrirait, du reste, aucune difficulté. Émy cite une opération de ce genre effectuée, au commencement du siècle actuel, dans les environs de Lisieux.

« Après qu'on eut allongé l'église de Saint-Julien, de Maillac, il arriva que le clocher en charpente, qui était primitivement au-dessus du portail, se trouvait entre la nef et le chœur, au milieu de la longueur de l'édifice. Le sieur Nicolle, maître charpentier de Courson, fut mandé pour savoir s'il était possible de changer le clocher de place sans le démolir et de le transporter sur le nouveau portail. Après s'être concerté avec le sieur Lamy, charpentier de Lisieux, ils se chargèrent tous deux de l'opération, moyennant la modique rétribution de 250 francs.

« Le clocher a 75 pieds de hauteur de flèche au-dessus des murs de l'église qui en ont 25. Le dessus des murs de l'église a servi de chemin pour conduire le clocher à sa nouvelle place. On a commencé par le moiser solidement, après quoi on l'a enlevé au moyen de vérins de 16 pouces ($0^m,45$), pour passer en dessous deux poutres qui s'étendaient jusque sur les murs de l'église, et reposaient sur deux autres poutres dirigées dans le sens de la longueur des murs. Ces dernières poutres portaient chacune sur deux rouleaux à têtes de cabestans roulant sur des sablières couchées sur les murs.

« Six hommes, agissant lentement et également avec des leviers embarrés dans les têtes des rouleaux, imprimèrent le mouvement de translation au clocher. Dix heures de travail furent employées le premier jour pour lui faire parcourir $11^m,37$; le second jour, la même manœuvre le fit arriver en huit heures à son nouvel emplacement, distant de celui qu'il avait occupé de $21^m,20$. Pendant le trajet, les cloches, suspendues dans le clocher, n'ont pas cessé de sonner. »

CHAPITRE III

MENUISERIE

La menuiserie est l'art de mettre en œuvre les bois de petites dimensions, et particulièrement les planches. C'est un dérivé de la charpente, et les menuisiers étaient autrefois soumis à la juridiction du maître charpentier du roi; cependant, dès le treizième siècle ils avaient leurs statuts particuliers.

On distingue deux genres de menuiserie :

La menuiserie dormante, ou de revêtement, qui comprend les parquets, lambris et cloisons;

La menuiserie mobile, qui comprend les portes, fenêtres, volets, persiennes.

Les principes de construction sont les mêmes pour la menuiserie dormante que pour la menuiserie mobile.

Un ouvrage de menuiserie se compose de planches ou panneaux assemblés soit entre eux, soit avec des bâtis plus épais et plus forts.

On peut dire que le problème de la menuiserie se réduit à ceci : assurer l'invariabilité de l'ensemble, en permettant aux parties élémentaires tous les mouvements de contraction et de dilatation qu'entraînent les variations de température et d'humidité.

Tous les bois, particulièrement lorsqu'ils sont débités de droit fil, c'est-à-dire parallèlement à l'axe de l'arbre, sont très-sensibles aux variations de température et d'humidité; cette sensibilité tient surtout à la présence des rayons médullaires. Si ces bois sont assemblés à joints invariables, et qu'ils viennent à se contracter, ils ne tarderont pas à se fendre suivant les lignes les moins résistantes; au contraire, s'ils se dilatent, ils se boursoufleront et se gondoleront, et pourront même se fendre comme dans le cas précédent.

Il faut donc laisser à toutes les pièces un jeu suffisant pour parer à toutes les éventualités. Nous verrons tout à l'heure comment on y est arrivé.

Assemblages. — On trouve en menuiserie tous les assemblages usités en charpente, et décrits à la page 133 de notre *Cours de stéréotomie;* cependant, en menuiserie, on trouve le plus souvent :

L'assemblage à tenon et mortaise, figure 1, planche XII;

L'assemblage à queue d'hironde, figure 2, planche XII;

Et particulièrement l'assemblage à onglets avec tenons croisés, figure 3, planche XII; le premier et le dernier de ces assemblages doivent être consolidés par des chevilles en bois.

Les assemblages précédents ne s'appliquent guère qu'aux pièces des bâtis qui encadrent les panneaux.

L'assemblage universel, véritablement caractéristique de la menuiserie, c'est

l'assemblage à embrèvement longitudinal, analogue à celui que nous connaissons déjà sous le nom de rainure et languette.

L'embrèvement longitudinal est représenté dans toute sa simplicité par la figure 4, planche XII; la pièce B pénètre dans une rainure ménagée tout le long de la pièce A, sans atteindre le fond de cette rainure; les mouvements de dilatation et de contraction de B sont donc absolument libres.

Mais il est rare que l'on donne au tenon pénétrant dans la pièce A toute l'épaisseur de B; on a alors un effet analogue à celui de la figure 5; l'effet décoratif est meilleur puisque le relief est plus accentué.

Si l'épaisseur des planches le permet, on complétera même l'embrèvement par des rainures et languettes, comme le montre la figure 6.

Dans la menuiserie dormante, il n'y a qu'une face vue; la face cachée, qui regarde le mur, doit être plane. On a recours alors à l'assemblage de la figure 7; les faces cachées des pièces telles que A et B sont dans le même plan, et la saillie des faces vues les unes par rapport aux autres est augmentée d'autant.

Les ouvrages de menuiserie sont, comme nous l'avons dit, généralement formés de bâtis encadrant des panneaux beaucoup plus larges et de moindre épaisseur. Ces panneaux ne peuvent être faits d'une seule planche, et on les compose de plusieurs planches accolées à rainures et languettes; les joints de ces diverses planches s'ouvriraient, si on n'en assurait l'invariabilité à l'aide de colle-forte. C'est alors le panneau tout entier qui se dilate ou se contracte, et les mouvements des diverses planches se cumulent au lieu de se produire isolément.

Si la colle-forte ne paraît point suffire, on ajoute, tous les soixante centimètres, par exemple, une clef en bois, ayant en épaisseur le tiers de celle des planches, et pénétrant d'un bout dans une planche, de l'autre dans la planche voisine : c'est une sorte de double tenon, que l'on assujettit avec de petites chevilles en bois.

Quelquefois, dans les ouvrages communs, on supprime même les rainures et languettes, et on se contente d'assembler les planches des panneaux au moyen de clefs. Mais ce système ne suffit pas à empêcher de légers mouvements, et les joints s'ouvrent toujours un peu.

On peut encore, lorsqu'on emploie de larges planches, placer dans les joints des baguettes à double languette C (figure 8, planche XII); chaque languette pénètre dans une rainure correspondante des pièces A et B.

Dans les divers exemples que nous donnerons plus loin, on trouvera toutes les variétés des assemblages précédents.

Parquets. — Au chapitre précédent, nous avons décrit les parquets que l'on rencontre le plus souvent, savoir :

Le parquet à l'anglaise, formé de planches étroites toutes parallèles, fixées sur des lambourdes, avec joints alternants;

Le parquet en feuilles de fougère avec point rectiligne continu, figure 5, planche VII, le parquet à point de Hongrie, figure 6, planche VII, analogue au précédent.

Toutes les feuilles de ces parquets doivent être assemblées à rainures et à languettes, non-seulement entre elles, mais encore avec les cadres qui se trouvent au pourtour de la pièce; les feuilles sont fixées aux lambourdes au moyen de clous ou pointes, que l'on chasse obliquement dans les tranches verticales du bois, et qui ne doivent pas apparaître à la surface.

On rencontre encore assez souvent des parquets à compartiments, tels que

celui de la figure 9, planche XII. Chaque compartiment est formé d'un cadre rectangulaire, dont les quatre côtés sont assemblés à onglets avec tenons croisés et chevillés; les rectangles allongés et les carrés qui constituent le remplissage sont assemblés entre eux et avec le cadre à rainures et languettes; de même les cadres voisins sont assemblés à rainures et languettes.

L'avantage des parquets de ce système est que les compartiments peuvent être fabriqués à l'avance et posés rapidement.

Ils ont l'avantage encore de se prêter à une décoration plus variée; et, si l'on a recours à des bois de diverses natures, on obtient des mosaïques d'un effet agréable. Lorsque les panneaux qu'on accole les uns aux autres sont de grandes dimensions, il faut se servir de bois bien secs, sans quoi les joints s'ouvriraient outre mesure.

On doit aussi, et c'est du reste un principe général en menuiserie, n'employer que du bois débité sur maille, car il est moins sensible aux variations atmosphériques, et surtout il se gondole bien moins que le bois débité suivant des plans parallèles à un diamètre de la section.

La figure 11 représente un arbre débité sur sa moitié A parallèlement à un diamètre; considérons une planche telle que *abcd*, elle contient plus de mailles sur sa face *ac*, que sur sa face *bd*; et, comme les mailles sont très-hygrométriques, si l'humidité augmente, la face (*ac*) s'élargit plus que son opposée, la planche se voile; si l'humidité diminue, l'effet inverse se produit.

Avec des planches sciées sur maille, comme le montre la moitié B de la même figure, il y a même nombre de mailles des deux côtés ou à peu près, et le voilement ne se produit pas; la planche, en se contractant et en se dilatant, reste plane.

Le débit des bois sur maille a longtemps fait la fortune des Hollandais, qui venaient acheter chez nous des billes de chêne et nous les renvoyaient débitées suivant cette méthode, sous le nom de chêne de Hollande.

Avec des bois de couleurs différentes, on peut produire de véritables planchers en mosaïques, tels que celui de la figure 10, planche XII; mais on doit n'associer ensemble que des bois de même dureté et, autant que possible, de même dilatabilité, et il faut poser ces planchers de luxe sur un premier plancher ordinaire.

Lambris et cloisons. — Les lambris sont les revêtements dont on recouvre les faces des murs. On distingue les lambris d'appui et les lambris de hauteur; les lambris d'appui ne règnent guère que sur 1 mètre de hauteur au-dessus des planchers; les lambris de hauteur s'étendent jusqu'au plafond.

Les lambris d'appui sont généralement couronnés d'une petite corniche qui porte le nom de cimaise, et à leur partie inférieure, près du plancher, ils sont recouverts d'une planche verticale, qui s'appelle la plinthe.

Les lambris sont composés de cadres en bois épais, composés de montants et de traverses assemblées à tenon et mortaise, et le remplissage comprend un plus ou moins grand nombre de panneaux. La face cachée du lambris ne doit pas être appliquée contre le mur; cette face plane et rabotée est à une certaine distance en avant du mur; le cadre est traversé par des vis à bois qui pénètrent dans des tampons horizontaux scellés dans la maçonnerie du mur; les têtes des vis sont noyées dans les cadres, elles laissent un trou apparent que l'on bouche avec des lames de bois fixées à la colle forte de telle sorte que leurs fibres soient parallèles aux fibres voisines.

Lorsque les bois sont bien secs, et il doit toujours en être ainsi, c'est une

bonne précaution d'appliquer deux ou trois couches de peinture sur leur face qui regarde le mur.

Voici divers exemples de lambris :

La figure 12 de la planche XII représente un lambris de hauteur avec lambris d'appui :

A et B sont les panneaux alternativement grands et petits du cadre supérieur;
C est la cimaise.
D et G sont les panneaux alternativement grands et petits du lambris d'appui;
E est la plinthe et F le bandeau.

La figure 13 est la coupe horizontale du lambris précédent; cette coupe fait nettement comprendre les divers assemblages et nous n'avons pas à donner d'explications détaillées.

Les figures 14 et 15 de la planche XII représentent en élévation et en coupe horizontale une cloison vitrée fort simple; cette cloison possède un panneau d'appui. Sur la coupe horizontale on voit en *a*, *a* les montants du cadre et en (*b*, *b*) les petits bois du vitrage; on donne le nom de petits bois aux pièces qui forment les cadres des carreaux, ces pièces présentent des feuillures dans lesquelles se logent les bords des verres, que l'on fixe, comme on sait, au moyen de pointes et de mastic.

La figure 16 de la planche XII représente une devanture de boutique, avec panneaux pleins et panneaux vitrés; au-dessus des panneaux est posée une frise assez haute pour recevoir l'enseigne, et cette frise est couronnée d'une corniche.

Les figures 1 et 2 de la planche XIII représentent les lambris qu'on applique sur les faces d'ébrasement des portes dans les gros murs.

Les exemples précédents suffiront à faire comprendre la disposition des lambris les plus compliqués ; lorsqu'on veut obtenir une décoration riche, on augmente le nombre des moulures sur les cadres et sur les panneaux, on ménage sur ces derniers des parties saillantes, rondes, ou en forme de losange, en pointe de diamant, etc... Mais il faut éviter l'excès et la confusion dans tout cela, et chercher plutôt la richesse dans l'emploi de beaux bois, judicieusement associés.

Les dimensions des panneaux ne doivent pas être trop grandes, si l'on veut éviter l'effet pernicieux des contractions et dilatations : ainsi, on ne donne pas à un panneau plus d'un mètre de large sur 3 mètres de long.

Dans certains cas, lorsque les panneaux sont grands et minces, on les consolide par des traverses appliquées sur la face cachée de ces panneaux et fixées au montant des châssis. Les panneaux sont liés à ces traverses par des vis à bois, mais on a soin de ménager pour le passage des vis dans les traverses des trous ovales laissant un libre jeu à la dilatation.

Portes. — On distingue les portes à un vantail et celles à deux vantaux.

1° *Portes à un vantail.* La figure 3 de la planche XIII représente une des portes à un vantail les plus simples; cette porte est composée de deux montants et de trois traverses dont une intermédiaire; il y a donc deux panneaux. Le panneau supérieur est plan et aminci sur les bords, de sorte que la partie centrale représente un rectangle en relief. Le panneau inférieur est taillé en pointe de diamant comme on le voit sur la coupe, figure 4. Les bords du panneau supérieur sont entourés d'une moulure rapportée.

L'emploi des moulures rapportées est économique et a pris, depuis quelques

années, une extension considérable. Elles doivent être proscrites d'une menuiserie de luxe, destinée à une longue existence.

Il est facile de transformer le système précédent en une porte à deux faces planes; il suffit de donner la même épaisseur aux panneaux et au cadre; les montants et traverses du cadre s'assemblent entre elles à onglets avec tenons et mortaises, les planches du panneau s'assemblent entre elles à rainure et languettes et sont consolidées avec des clefs. L'ouverture des joints ne se produit plus que sur les bords intérieurs du cadre.

La figure 9 de la planche X représente une porte plus compliquée et plus riche que la première; elle est à trois panneaux, un grand entre deux petits; la coupe horizontale indique les assemblages des diverses parties, en même temps qu'elle donne la section du chambranle fixe qui entoure la porte ; derrière ce chambranle est indiqué en amorce le lambris qui recouvre la face d'ébrasement.

La figure 10 est encore une porte à trois panneaux, mais les trois panneaux sont carrés et entourés de nombreuses moulures; des cadres en métal avec boutons saillants aux angles entourent chaque panneau. Le profil des chambranles est très-orné et ils sont couronnés d'une corniche, dont la coupe est donnée; cette corniche résulte de l'assemblage de diverses planches moulurées et posées de manière à rendre minimum le volume de bois employé; il est évident que s'il fallait construire des corniches massives, on dépenserait beaucoup de bois en pure perte,

La porte voisine, figure 11, est à deux panneaux seulement; le grand panneau supérieur est vitré et divisé en deux rectangles fermés par des glaces. La coupe horizontale montre bien l'agencement des diverses parties. Le profil du chambranle est donné aussi.

2° *Portes à deux vantaux*. Une porte à deux vantaux de construction simple est représentée par les figures 5, 6, planche XIII; c'est une porte de placard, dont nous donnons l'élévation et la coupe horizontale suivant xy. Chaque vantail est à trois panneaux: un panneau de hauteur A, un panneau de frise B et un panneau d'appui C. Les deux vantaux sont assemblés à feuillure simple (m) et la fermeture est indiquée par une baguette en quart de rond.

La figure 8 de la planche X représente en élévation une porte à deux vantaux; chaque vantail comprend trois panneaux, et la fermeture est indiquée par une baguette moulurée, qui peut être rapportée, mais qu'il vaut mieux prendre dans le montant lui-même.

On pourra composer d'autres portes à deux vantaux en adoptant pour chaque vantail isolé des dessins analogues à ceux que nous avons présentés pour les portes à un vantail.

3° *Portes charretières*. Une porte charretière très-simple, comprenant des cadres saillants avec panneaux en planches est représentée par la figure 12, planche X.

Les montants et les traverses a, a, sont assemblés à tenon et mortaise et l'assemblage est consolidé par des chevilles en bois. Les panneaux A sont assemblés dans le châssis par un embrèvement longitudinal avec rainure et languette, comme on le voit sur la coupe horizontale.

On sait que les cadres non triangulés sont déformables; l'absence de triangulation n'a pas grand inconvénient dans les portes ordinaires, mais sur les portes cochères larges et lourdes l'inconvénient est considérable ; dans ce cas, il faut assnrer l'invariabilité du système au moyen des bracons c et mieux encore des croix de Saint-André (d), comme le montre la figure de 13 la planche X, les

planches (*e*) composant les panneaux sont assemblées ainsi que l'indique la coupe horizontale; des moulures accusent les joints en laissant à la dilatation tout le jeu nécessaire.

Dans les portes cochères plus ornées on substituera à certains panneaux en bois des panneaux à jour en fonte ou en fer forgé ; on laissera apparents les gros clous et ferrures et, en mettant ainsi en évidence tous les éléments de la construction, on arrivera à produire l'aspect de solidité et de force qui convient à des ouvrages de ce genre.

Fenêtres et châssis. — La figure 7 de la planche XIII représente une croisée à petits carreaux ; on trouve un montant au milieu de chaque châssis.

La coupe horizontale indique les divers assemblages, fig. 8, 9 :

a est le dormant, *b* le montant du châssis, *c* le petit bois vertical du châssis, *d* le battant meneau, *e* le battant en gueule de loup.

La figure 10 donne les dispositions d'un châssis en bois, forme dite tabatière. La coupe transversale montre, figure 11 :

En (*a*) le battant du châssis,

En (*b*) le battant du dormant avec la noix saillante (*d*), qui s'engage dans le battant du châssis,

En (*c*) le petit bois qui divise le châssis en deux parties; si la surface du châssis n'est pas trop grande, on supprime le petit bois et on se contente d'un seul carreau.

La figure 15 de la planche X représente une croisée ordinaire à huit carreaux ; (*a*) est la coupe du dormant, *g* le montant du châssis ; *b* et *c* les deux battants mâle et femelle ; la vitre se loge dans une feuillure, on la fixe par quelques pointes et on la maintient avec du mastic.

Les persiennes, ou volets à jour qui protégent les croisées, sont du ressort des menuisiers ; la figure 14 de la planche X représente une persienne en élévation et en coupe. Cette persienne est à deux vantaux ; la lettre (*a*) désigne les montants et la lettre (*b*) les traverses du châssis de chaque vantail ; dans les montants, sont assemblées à rainures des planchettes minces ou lames de la persienne, inclinées sur l'horizon de manière à se recouvrir les unes les autres. Les traverses intermédiaires *d* sont élégies sur leurs faces vues, comme le montre la coupe verticale qui fait saisir aussi très-nettement l'assemblage des lames et des montants.

Nous n'avons pas décrit les volets pleins qui ressemblent à une porte commune ; ils comprennent un cadre enfermant un panneau en planches assemblées à rainures et languettes avec clefs.

L'usage des volets intérieurs se généralise dans les constructions soignées : la figure 12 de la planche XIII représente en coupe horizontale une croisée à deux vantaux ; à chaque vantail correspond un volet intérieur, qui se replie en deux feuilles pour se loger dans l'embrasure. La croisée a deux battants au milieu avec une fermeture à gueule de loup ; cette fermeture à gueule de loup est beaucoup plus hermétique que la fermeture ancienne à deux feuillures ; mais celle-ci avait l'avantage de permettre d'ouvrir un vantail sans toucher à l'autre. On voit sur la coupe horizontale que le montant du bâti dormant (*a*) est plus large que le montant du châssis (*b*) ; la noix de celui-ci se loge dans le premier ; le volet se fixe à l'intérieur sur la partie saillante du bâti dormant, et, par ce moyen, on obtient une solidité satisfaisante. La croisée qui nous occupe en ce moment ne s'ouvre pas sur toute sa hauteur ; elle présente une imposte et le châssis mobile est limité en haut par la traverse d'imposte.

Ouvrages divers en menuiserie. — Nous terminerons par quelques exemples de menus ouvrages de menuiserie et de moulures :

La figure 13 de la planche XIII représente la plinthe qui termine un lambris d'appui, et qui forme comme le socle par lequel cette plinthe repose sur le parquet.

La figure 14 donne la coupe verticale d'une cimaise séparant un lambris d'appui d'un lambris de hauteur; (*a*) est la cimaise proprement dite, *b* est la traverse supérieure du lambris d'appui et (*c*) en est le panneau.

La figure 15 est une corniche simple, comprenant une partie volante (*b*) dans laquelle s'embrève la frise verticale (*a*).

La figure 16 représente une corniche plus compliquée; la frise (*a*) s'embrève dans une partie volante moulurée (*b*); dans celle-ci s'embrève une planche horizontale formant larmier et à l'autre bout ce larmier s'embrève dans une partie moulurée qui couronne la corniche et la relie au plafond.

La figure 17 représente une corniche plus élancée que les précédentes ; elle donne au plafond une apparence d'arc de cloître.

Sur la figure 18 on voit la coupe horizontale d'une colonne creuse en bois. On a quelquefois reproduit en menuiserie les ordres de l'architecture, en calquant exactement les dimensions des constructions en pierre; si ce système peut rendre quelques services, par exemple dans la décoration des églises, il ne doit pas être généralisé, car il repose sur une idée absolument fausse. La menuiserie dormante ne doit constituer qu'un système décoratif ; elle ne saurait être employée comme partie fondamentale de la construction.

DES BOIS EMPLOYÉS EN MENUISERIE.

Dans notre traité de l'exécution des travaux, nous avons décrit les diverses espèces de bois de construction et les préparations à leur faire subir. Nous ne reviendrons pas sur tout cela et nous dirons seulement qu'en menuiserie on emploie :

Parmi les bois durs le chêne, le châtaignier, le hêtre et le noyer,

Et parmi les bois tendres le sapin, le tilleul, le peuplier et le tremble.

Les bois exotiques, acajou, ébène, etc., ne se rencontrent qu'exceptionnellement en menuiserie.

En réalité, on n'emploie guère que le chêne et le sapin.

Échantillons. — Les échantillons de chêne, en usage à Paris, sont :

Le feuillet ou panneau de.	$0^m,013$ à $0^m,020$	d'épaisseur sur	$0^m,22$ à $0^m,25$	de larg.
L'entrevoux ou bois de pouce. . .	$0^m,023$ à $0^m,030$	—	$0^m,22$ à $0^m,25$	—
La *planche* ou bois de 15 lignes. .	$0^m,034$ à $0^m,042$	—	$0^m,22$ à $0^m,25$	—
La planche de 18 lignes..	$0^m,047$	—	Id.	—
La planche de 21 lignes.	$0^m,041$	—	Id.	—
La doublette..	$0^m,054$ à $0^m,068$	—	$0^m,31$ à $0^m,33$	—
Le battant de porte cochère.. . .	$0^m,11$ à $0^m,13$	—	Id.	—
Le chevron.	$0^m,08$	—	$0^m,08$ à $0^m,10$	—
La membrure.	$0^m,08$	—	0,16	—

Tous ces échantillons se vendent au mètre, et le prix de comparaison est celui de la planche proprement dite ou bois de quinze lignes.

Le chêne de Champagne est considéré comme le plus résistant et le plus durable; en menuiserie, on préfère un chêne plus attaquable, mais plus gras et plus facile à travailler comme le chêne de Fontainebleau. Le chêne des Vosges, solide, d'un travail facile, agréablement coloré, est supérieur aux deux précédents pour les ouvrages de luxe.

Autrefois, on estimait fort ce qu'on appelle le chêne de Hollande; il ne diffère pas de celui des Vosges; ce qui faisait sa supériorité, c'est qu'il était débité sur mailles et n'était point exposé à se fendre et à se gondoler. Cependant il y a un inconvénient: le bois sur mailles ne se polit pas parfaitement et les mailles, plus dures que le fond, restent toujours un peu saillantes. On emploie encore sous le nom de merrain, pour faire des planchers de luxe, des planchettes de bois fendu sur mailles et au coutre dont les dimensions sont :

Épaisseur $0^m,020$ à $0^m,034$; largeur $0^m,16$ à $0^m,22$; longueur $0^m,32$ à $0^m,40$.

Le châtaignier est un aussi bon bois que le chêne et peut le remplacer partout; mais il devient rare et n'est plus guère employé.

Le meilleur sapin est le sapin du Nord; il est solide et durable, facile a travailler. Sa couleur rouge et ses veines en font un bois décoratif; il fait de bons assemblages. Comme on ne le saigne pas avant de l'abattre, ainsi qu'on fait en France, il conserve ses gommes et résines; ses pores sont donc plus pleins, plus gras et moins sensibles aux influences atmosphériques.

Le sapin du Nord est ordinairement débité en madriers de $0^m,08$ d'épaisseur sur $0^m,22$ de largeur.

Le petit madrier n'a que $0^m,054$ d'épaisseur avec la largeur de $0^m,22$, et la planche n'a que $0^m,027$, $0^m,034$, $0^m,04$ avec la largeur de $0^m,22$.

Avec le sapin de France, on fait des feuillets de $0^m,016$ à $0^m,018$ d'épaisseur.

En menuiserie, le peuplier et le sapin blanc ne conviennent qu'à des ouvrages de peu de durée et rendent dans ce cas de grands services.

Dimensions des pièces de menuiserie. — Les dimensions des pièces de menuiserie courante sont uniformes et établies par l'habitude.

Dans les assemblages, les rainures devraient être proportionnées à la largeur des pièces embrevées; en général les rainures pour planches de $0^m,22$ et moins ont $0^m,008$ de profondeur et $0^m,016$ pour les panneaux.

Les épaisseurs maxima et minima des bois pour planchers sont $0^m,054$ et $0^m,027$; d'ordinaire on adopte $0^m,034$.

Dans les lambris, les panneaux ont au plus $0^m,034$ d'épaisseur et au moins $0^m,013$; la bonne dimension usuelle est $0^m,020$.

Les pièces des bâtis, montants et traverses, ont une épaisseur variant de $0^m,027$ à $0^m,054$ et leur largeur ne dépasse pas $0^m,16$.

Pour les portes, les panneaux ont $0^m,020$ d'épaisseur et les bâtis ont une épaisseur croissant avec la hauteur de la porte : $0^m,032$ à $0^m,04$ pour des portes de moins de 3 mètres, $0^m,04$ à $0^m,05$ pour des portes de 3 à 4 mètres, $0^m,05$ à $0^m,06$ pour des portes de 4 à 5 mètres.

L'épaisseur des bâtis de portes cochères varie de $0^m,08$ à $0^m,16$ lorsque la hauteur varie de 3 à 6 mètres.

Dans les fenêtres, l'épaisseur du châssis dormant varie de $0^m,054$ à $0^m,07$ et celle du châssis vitré de $0^m,034$ à $0^m,054$. Dans les persiennes, l'épaisseur du châssis varie de $0^m,034$ à $0^m,041$ et la largeur de $0^m,07$ à $0^m,11$; les lames n'ont que $0^m,011$ à $0^m,016$ d'épaisseur. Ce qu'il faut chercher à réduire dans les

châssis vitrés c'est la largeur des petits bois ; aujourd'hui on arrive à les supprimer dans toutes les constructions soignées et on substitue des glaces à l'ancien verre à vitres.

Observations sur la menuiserie moderne. — Un grand fait a transformé la menuiserie moderne : c'est la substitution du travail mécanique au travail à la main.

Tous les ouvrages se composent aujourd'hui à l'aide d'une série de types qui sortent de quelques grandes usines. Cette circonstance a son bon côté : elle permet de faire bien et à bon marché, mais elle a aussi son mauvais côté : c'est de supprimer les bons ouvriers et de produire partout l'uniformité. Les ouvrages de luxe ne sont plus traités comme autrefois par des ouvriers habiles et expérimentés qui ne se servaient que de bois choisis et longtemps conservés.

En outre, le prix des beaux bois a considérablement augmenté, ainsi que la main-d'œuvre, pendant que les papiers peints et les tentures se vendaient à des prix sans cesse décroissants ; le lambris de hauteur s'est donc vu détrôné peu à peu, ce qui est regrettable au point de vue de l'art.

« Le bois, dit M. Reynaud, est, en effet, une matière des plus convenables pour nos revêtements intérieurs ; et les grandes boiseries, par leurs dispositions ingénieuses, par l'ordre et la variété de leurs compartiments, par la vérité de leurs expressions, étaient, au plus haut degré, susceptibles d'un beau caractère et rappelaient au dedans le sentiment artistique qui avait présidé à l'architecture du dehors. Il y avait diversité dans la matière et dans la forme, mais unité bien évidente dans la composition. Sans doute, des tentures, dont les dessins sont élégants, dont les couleurs sont heureusement assorties, ont quelque chose de plus riche et meublent peut-être davantage; mais, si l'on ne peut songer à les repousser, on pourrait demander que leur emploi fût moins exclusif. Qu'un lambris s'élève jusqu'à la hauteur d'appui, ou même un peu plus haut, ce qui est d'ailleurs très-motivé, parce que le bois résiste mieux aux frottements que l'étoffe ou le papier; que la tenture occupe des panneaux plus ou moins vastes entourés de cadres en menuiserie; que des points d'appui et des remplissages se marquent dans le revêtement ; et, en combinant ainsi les deux systèmes, on réunira leurs mérites : au caractère résultant de la disposition générale viendra s'ajouter heureusement la décoration produite par les dessins et les couleurs des panneaux. »

Dans les rapports sur l'exposition universelle de 1867 nous trouvons au sujet de la menuiserie les quelques renseignements qui suivent :

Depuis les huisseries jusqu'aux parquets, la mécanique s'est décidément emparée de la façon des bois. Les machines à découper, notamment, ont pris une extension considérable et livrent des produits irréprochables à des prix très-bas. Peut-être abuse-t-on un peu de ce procédé pour les décorations des constructions de bois, mais il peut s'appliquer et s'applique à des ouvrages plus utiles. Des maisons entières en bois sont aujourd'hui façonnées à la mécanique et plusieurs usines emploient des moteurs très-puissants et un grand nombre d'ouvriers.

L'Angleterre, outre les bois de construction façonnés à l'aide des machines, présente un grand nombre de menuiseries fines, des persiennes à rouleaux, des portes, etc., travaillées avec une grande précision et fournies à des prix très-bas par suite de l'emploi exclusif des machines.

Quant aux parquets, on peut admettre que, dans un délai rapproché on

n'emploiera plus que ceux faits à la mécanique et posés par panneaux.

Pour peu que l'on ait fait construire, on sait les lenteurs que cause la pose des parquets suivant la méthode ordinaire, et combien il arrive fréquemment que les parquets sont défectueux, soit parce que les bois employés ne sont pas secs, soit parce que les parqueteurs ont apporté peu de soin dans la pose. L'Autriche et la Savoie ont commencé à façonner des parquets dont toutes les pièces, coupées à la mécanique avec une grande précision, sont assemblées sur panneaux et posées sans aucune difficulté sur les lambourdes. Cet exemple a été suivi en France; il existe des usines qui fabriquent de ces sortes de parquets en grand. Chaque jour cette industrie tend à s'accroître au grand avantage des constructions privées, d'autant que ces produits sont d'un emploi peu dispendieux et permettent les décorations les plus riches. Le procédé employé, qui consiste à appliquer des feuilles de bois de diverses qualités sur un fond, en contrariant ainsi les fils de ces bois superposés et réunis par petite partie en tous sens, évite ces retraits si désagréables dans les parquets ordinaires, et ce craquement que les feuilles voilées font entendre chaque fois que l'on marche dessus.

L'exposition égyptienne, dit M. Viollet le Duc, si intéressante au point de vue de l'art, mérite d'être étudiée dans ses produits de menuiserie. On sait que la plupart des objets de menuiserie faits depuis des siècles, en Orient, consistent (s'il s'agit de portes, de lambris, par exemple) en un fond de bois sur lequel l'artisan rapporte des moulures assemblées d'onglets suivant certains dessins géométriques et clouées sur ce fond; ce procédé si simple produit des résultats d'un aspect très-agréable et d'un bon emploi ; car tous ces bouts de bois, cloués en tous sens sur un fond, neutralisent les effets de retrait ou de gonflement des planches qui composent ce fond. On peut ainsi fournir des revêtements de bois, des portes, des plafonds à des prix très-bas et d'un aspect très-décoratif. Avec les moyens mécaniques dont nous disposons, cette fabrication, excellente en principe de construction et qui permet des combinaisons à l'infini, pourrait être l'objet d'une industrie sinon nouvelle au moins renouvelée, et qui remplacerait, avec toutes sortes d'avantages, la menuiserie à bon marché prétendant imiter, à l'aide d'expédients, les ouvrages de luxe façonnés pendant les deux derniers siècles. On voit encore, en Espagne, en Sicile, en Afrique et en Asie, quantité de ces plafonds et de ces lambris exécutés pendant les quinzième et seizième siècles, d'une composition charmante, se prêtant merveilleusement à l'application de la peinture et qui conviennent si bien à la décoration des intérieurs. Avec nos moulures en bois poussées à la mécanique, il serait très-aisé d'obtenir des résultats excellents en ce genre et à des prix inférieurs. Nous ne ferions d'ailleurs ainsi que reprendre une industrie qui a existé en Occident aux treizième et quatorzième siècles. Nous recommandons aussi les combinaisons orientales de claires-voies en bois tournés que l'Égypte a exposées. Les moyens mécaniques se prêtent singulièrement à l'emploi facile de ces produits solides et d'un aspect agréable.

Aux pages 320 et suivantes de notre traité de l'exécution des travaux, on trouvera la description des outils servant à débiter et à travailler les bois.

En tête se trouvent les scieries mécaniques à mouvement alternatif ou à mouvement continu; les premières sont à lames verticales ou horizontales, les secondes à lames circulaires ou à lame sans fin. C'est grâce à la scie sans fin ou ruban que les bois découpés ont fait dans ces dernières années tant de progrès.

Les machines à raboter le bois sont principalement formées d'un ou de plusieurs arbres porte-outils et d'un système d'avancement du bois. On peut à volonté dresser une, deux, trois ou quatre faces. Les outils, sous forme de lames plates, sont montés sur des porte-outils, faisant corps avec des arbres horizontaux ou verticaux; le bois peut être amené sous l'action des outils, soit au moyen d'une table mobile, comme dans les machines à raboter les métaux, soit à l'aide de cylindres cannelés assemblés sur des arbres verticaux ou horizontaux soumis à l'action de poids, soit avec une chaîne sans fin garnie de talons mobiles. On applique fortement le bois dans le sens horizontal et vertical au moyen de poids ou de ressorts.

Citons encore les tours que tout le monde connaît, les machines à percer dans lesquelles la mèche à cuiller a été supplantée par la mèche anglaise, puis par la mèche contournée en forme d'hélice, les machines à fabriquer les moulures qui ne diffèrent des machines à raboter que par le profil de l'outil et par ce fait qu'on fractionne l'outil en plusieurs parties lorsque la largeur de moulure est considérable, les machines à faire les tenons qui sont à lames plates, à disques cylindriques ou à scies circulaires, les machines à faire les mortaises dont l'outil est un bédane, ou une mèche, animée d'un mouvement rapide de rotation et d'un mouvement lent de progression rectiligne.

Enfin il existe beaucoup d'autres machines fort intéressantes, telles que celles à faire les tenons en queue d'hironde; il est inutile de les énumérer ici et, du reste, elles se perfectionnent tous les jours.

CHAPITRE IV

SERRURERIE FERRONNERIE

L'emploi du fer dans les constructions de tout genre a fait, dans ces dernières années, d'énormes progrès; il en fait tous les jours de nouveaux et se perfectionne sans cesse.

Dans les sections précédentes de notre ouvrage, nous avons décrit les principales propriétés du fer et de ses dérivés : la fonte et l'acier. Il y a bien des choses que nous ne pouvons rappeler ici sous peine de dépasser les limites qui nous sont imposées, et le lec teurdevra se reporter 1° au *Traité de l'exécution des travaux*, 2° aux notions de résistance des matériaux par lesquelles nous avons terminé le *Traité des machines*, 3° et enfin au *Traité des ponts et viaducs métalliques*.

1° Le livre de l'exécution des travaux enseigne d'abord comment le fer, l'acier et la fonte forment une série continue dans laquelle on passe successivement du métal pur au métal plus chargé de carbone; on y trouve ensuite les qualités physiques du fer sous ses diverses formes.

Le travail du forgeron et les outils qu'il emploie sont décrits à la page 332; puis nous avons exposé les qualités de la tôle et sa fabrication, le travail du fer à froid, l'exécution des pièces composées en tôle et cornières, la rivure. Nous avons terminé par l'énumération des qualités de la fonte et de l'acier.

2° Dans les notions de résistance des matériaux (page 802 du *Traité de mécanique*) on trouvera : des généralités sur l'extension et la compression des corps prismatiques, sur la limite d'élasticité et la charge de rupture; des formules donnant la résistance des colonnes en fonte et des colonnes en fer; les formules relatives à la flexion et à la résistance des pièces droites, poutres horizontales posant sur deux appuis avec ou sans encastrement; les calculs servant à vérifier la stabilité d'une poutre soumise à une charge donnée, ou la charge qu'on peut imposer à une poutre de dimensions connues. Ces formules simples sont d'un usage continuel dans l'architecture du fer, et il faut les posséder parfaitement.

3° Dans le chapitre premier du *Traité des ponts et viaducs en bois et en métal*, nous avons résolu le problème qui constitue à lui seul toute la science de la résistance des matériaux appliquée aux fermes métalliques, quel qu'en soit le profil, rectiligne ou courbe. Voici l'énoncé de ce problème :

Étant donné une ferme métallique, de forme et de poids connus, calculer la surcharge qui peut lui être imposée sans porter atteinte à la sécurité; calculer en outre la déformation produite par la surcharge;

Inversement, étant donné en grandeur et en position la charge qu'il s'agit de

supporter, calculer les dimensions de la ferme à laquelle cette charge est superposée de manière à satisfaire aux exigences de la sécurité: calculer en outre la déformation correspondante.

C'est sous ce dernier énoncé que le problème se présente en architecture; connaissant par exemple le poids propre d'un plancher et la surcharge maxima qui peut lui être imposée par mètre carré, adoptant en outre un certain espacement et une certaine hauteur pour les poutres et solives, on en calculera les autres dimensions et on les déterminera complétement.

Nous avons exposé dans le chapitre sus-indiqué les calculs et formules relatifs aux pièces droites à une et à plusieurs travées, aux pièces courbes en arc régulier, aux systèmes articulés que l'on réalise fréquemment en charpente tels que: les grues, les chèvres, les chevalets, les fermes ordinaires, les fermes à la Polonceau et leurs variétés, les poutres armées dont l'usage a pris, notamment en Amérique, un développement considérable, les poutres en treillis et les poutres à larges mailles des divers systèmes, les poutres à semelles paraboliques connues sous le nom de bow-strings. Grâce aux formules données on peut calculer d'une manière suffisamment exacte un système articulé quelconque : il est nécessaire que l'architecte connaisse la manière dont ces formules sont établies afin qu'il ne les emploie pas au hasard et ne se trompe pas sur la signification des lettres qu'elles renferment. C'est pourquoi nous ne les reproduisons pas ici; nous considérons comme plus funeste qu'utile l'usage des formules qui se présentent au lecteur comme des hiéroglyphes. Lorsque le lecteur ne les comprend pas et n'en connaît pas l'origine, il vaut mieux pour lui les abandonner et s'en tenir aux résultats expérimentaux, en imitant les systèmes qui ont précédemment réussi.

Ces préliminaires exposés, passons à la description des principaux ouvrages en fer et fonte qu'on rencontre en architecture.

Nous les diviserons en trois sections :

1° Gros fers de bâtiments, pièces en fer dont on se sert en charpente et en menuiserie; 2° planchers métalliques; 3° combles métalliques.

1° GROS FERS DE BATIMENT, FERS DE CHARPENTE ET DE MENUISERIE.

Parmi les gros fers de bâtiment, il faut ranger toutes les pièces en fonte moulée qui viennent directement des usines, qui sont conformes à des modèles courants et qui se payent au poids, telles que : panneaux de balcons et de portes, barres d'appui, colonnes, tuyaux de conduite, contre-cœur des cheminées, etc...

L'architecte n'intervient dans ces ouvrages que pour choisir les modèles, contrôler les poids et la qualité. On doit s'abstenir de prescrire des dimensions ou des formes spéciales, et il faut se contenter des formes existantes; un modèle nouveau coûte très-cher à établir et ne doit être prescrit que dans des travaux de haute importance. Chaque usine met à la disposition de ses clients des albums complets qui rendent le choix facile. Lorsqu'on veut composer un modèle nouveau, il ne faut point le dessiner au hasard en suivant l'inspiration artistique; il faut se préoccuper des exigences du moulage comme nous l'avons expliqué en traitant de l'exécution des poutres en fonte qui entrent dans la com-

position des ponts. L'usage des panneaux en fonte pour balcons s'est généralisé : à ce propos, il faut remarquer que les formes droites et verticales sont presque partout adoptées pour ces panneaux, pendant qu'il serait tout aussi facile et à peu près aussi économique de recourir à ces formes renflées, qui font si bon effet dans les vieux balcons en fer forgé. Ces formes renflées, rationnelles et élégantes, méritent d'être reprises.

Les gros fers du bâtiment, ancres, tirants, etc., sont fabriqués par le forgeron sur les indications de l'architecte ; ils ne sont susceptibles d'aucune décoration et se payent au poids ; la plupart du temps ils sont dissimulés dans la maçonnerie. A mesure qu'on s'est éloigné des formes simples de l'architecture, l'usage du fer s'est de plus en plus répandu comme moyen de consolidation. Quand on a voulu, avec des matériaux de dimension réduite, conserver des formes qui conviennent aux matériaux de grande dimension, par exemple les plates-bandes réunissant une file de colonnes, on a été forcé de rendre les divers éléments solidaires en les reliant par des crampons en fer ; de longs tirants en fer, noyés dans les massifs, ont annulé les poussées ; de même, on a réuni par des tiges de fer des murs opposés tendant à s'écarter, on s'est opposé au mouvement de certains dômes (Saint-Pierre de Rome) en les entourant de cercles en fer posés à chaud. En bien des cas, l'usage du fer n'était pas rationnel ; outre l'inconvénient de tromper le spectateur, il avait celui d'inspirer une sécurité factice ; il est toujours grave de faire reposer la stabilité d'un édifice sur la résistance de quelques barres de fer qu'on ne peut visiter, qui sont exposées à la rouille et qui peuvent se rompre subitement.

Voici diverses expressions en usage pour les fers du bâtiment :

Les petits fers martinés se distinguent en : 1° carillon ou fer carré de 6 millimètres de côté au minimum ; 2° bandelette, fer plat de 3 millimètres sur 4 millimètres au maximum ; 3° verge ronde, fer rond de 7 millimètres de diamètre maximum ; 4° verge crénélée de 8 millimètres au maximum.

Les petits fers laminés se distinguent en : 1° fer feuillard de 1 à 4 sur 30 à 80 millimètres ; 2° ruban, fer plat de 1/2 à 1 millimètre sur 10 à 30 millimètres ; 3° carillon, fer carré de 10 à 30 millimètres ; 4° bandelette, fer plat de 2 à 6 millimètres sur 30 à 40 ; 5° verge ronde.

On appelle fers de menus ouvrages les garnitures de portes et fenêtres et tous ceux qui se payent à la pièce.

Le fer de pique est le dard qu'on place sur le montant des grilles ; aujourd'hui cet ornement se fait en fonte et non en fer forgé.

Le fer creux, ou fer Gandillot, du nom de son inventeur, est un fer laminé, creux à l'intérieur ; il est, à poids égal, beaucoup plus résistant qu'un fer plein, et par suite, à résistance égale, il est beaucoup plus léger et plus économique ; le fer creux peut être substitué au fer plein dans les grilles, les barres d'appui, les barreaux d'escalier, etc.

Les fers forgés de gros ouvrages sont de dimensions variables, suivant chaque cas particulier ; ils servent à réunir deux murs de face opposés, ou un mur de face avec un refend ou un massif intérieur, ou une cheminée avec la charpente d'un toit. On distingue le tirant, barre de fer qui a ordinairement 15 millimètres sur 60, et qui se termine à une extrémité par un œil dans lequel s'engage une ancre, fer rond ou carré que l'on maintient droit ou que l'on courbe en S.

La plate-bande, figure 1, planche XIV, est un fer plat de 0,08 sur 0,015, recourbé à angle droit à ses deux extrémités et servant à relier deux pièces parallèles.

La figure 2, planche XIV, représente un tirant avec son ancre; le tirant est scellé à une extrémité dans la maçonnerie et, à cet effet, fendu en queue de carpe; à l'autre bout, il se termine par un œil dans lequel on engage l'ancre.

L'ancre est la barre de fer rond ou carré, d'environ 1 mètre de longueur, que l'on fait passer dans l'œil du tirant et dont la direction est normale à celle du tirant, figure 5.

L'étrier, figure 6, est une bande de fer plat ($0^m,05$ sur $0^m,015$) deux fois courbée à angle droit; il sert à relier un poinçon vertical et un tirant horizontal, à consolider les assemblages, etc.

Lorsqu'un tirant ou chaîne en fer est trop long pour être composé d'un seul morceau, on place plusieurs morceaux bout à bout et on les assemble à trait de Jupiter, figure 7.

Les équerres en fer, figure 8, servent à relier ensemble des pièces qui se rencontrent sous un certain angle, ordinairement droit; elles sont très-utiles pour relier dans une charpente le faîtage et les arbalétriers.

Lorsqu'on doit appliquer sur un mur des parties saillantes, telles que des corniches en plâtre, on scelle çà et là dans le mur des queues de carpe qui relient solidement le massif et la corniche rapportée et empêchent celle-ci de se détacher; la figure 10 représente une double queue de carpe.

Si la saillie est faible on se contente de larder le massif avec des rapointis, sorte de gros clous de section et de dimensions variables, figure 11.

Au lieu de terminer les chaînes horizontales en fer par des ancres noyées dans le massif des murs ou laissées apparentes à la surface et profilées en S, on préfère maintenant engager l'extrémité de la chaîne dans une plaque de fonte, circulaire ou polygonale, figure 12, qui s'applique sur la face du mur; elle est taraudée et reçoit l'extrémité filetée de la chaîne; le serrage est réglé au moment de la pose; ces plaques de fonte pour chaînage constituent un bon système d'ornementation.

La figure 13 est une bride à boulons consolidant l'assemblage de deux pièces de bois placées bout à bout; les écrous sont serrés à volonté.

La figure 14 représente une bride coudée à écrous, qui servira par exemple à serrer et à rendre solidaires deux pièces jumelles.

La figure 15 est une bride boulonnée, dont les deux boulons terminés en queue de carpe sont scellés dans un mur.

La figure 16 représente un assemblage à clavettes, et la figure 17 un assemblage à vis avec manchon taraudé; les deux portions de tige à réunir sont terminées par des vis inverses engagées dans un manchon polygonal; lorsqu'on fait tourner ce manchon avec une clef, les deux vis se rapprochent ou s'éloignent simultanément et on arrive à tel serrage que l'on veut.

La figure 18 représente un assemblage à fourche qui convient pour les pièces destinées à travailler uniquement par traction.

Sur la figure 19, on voit un système destiné à supprimer les assemblages par tenon et mortaise qui affaiblissent tant les pièces; le chevêtre (*a*) qui doit recevoir les solives (*b*) perd par le fait de l'assemblage, une grande partie de sa force; cet inconvénient est évité au moyen des boites en fonte *c*,*c* que l'on fixe sur le chevêtre au moyen de vis à bois noyées; ces boîtes reçoivent simplement les abouts des solives. Par ce système, le montage est simplifié et l'on évite des entailles multipliées, chose importante pour les planchers de grande portée; en même temps on constitue une sorte d'encastrement, ce qui augmente encore la rigidité de l'ensemble. Ces sabots ou boîtes en fonte étaient, au commence-

ment de notre siècle, fort usités en Angleterre d'où l'architecte Gingembre les rapporta en 1825; ils augmentent beaucoup la durée des planchers. On ferait bien d'y recourir encore dans les constructions importantes et soignées, toutes les fois qu'on n'a pas recours aux planchers en fer.

La figure 20 est un corbeau de scellement qui sert à soutenir par exemple une solive appliquée le long d'un mur.

La figure 21 est une bande de trémie, fer plat contourné à angle droit et fixe sur les deux solives qui limitent l'âtre d'une cheminée; cette bande de fer supporte des tiges de fer carré et sur le tout repose l'âtre de la cheminée; cette disposition a pour but de créer, à l'emplacement de la cheminée, un plancher incombustible.

Il existe encore d'autres gros fers de bâtiment; mais, ils ne diffèrent guère des précédents et les exemples donnés suffiront à tous les cas.

Colonnes métalliques. — Après avoir étudié une première fois les colonnes métalliques dans les notions de résistance des matériaux, nous avons repris la question à la page 7 du *Traité des ponts métalliques;* nous croyons devoir la résumer ici à nouveau.

Un corps prismatique, soumis à une pression suivant son axe se raccourcit, et le raccourcissement est proportionnel à la longueur du prisme, à la pression, et en raison inverse de la section droite et d'un coefficient caractéristique de chaque substance.

Tant qu'on ne dépasse pas la limite d'élasticité (15 à 18 kilogrammes par millimètre carré pour le fer), le métal revient à son état primitif.

Les charges de rupture à la compression dépendent de la longueur du prisme, car, à partir d'une certaine longueur, la flexion intervient.

1° Considérons des prismes assez courts pour que la flexion soit impossible, le fer s'écrasera sous une charge de 30 à 32 kilogrammes par millimètre carré, et la fonte homogène sous une charge de 30 à 60 kilogrammes par millimètre carré.

La résistance du fer à la compression est les $\frac{4}{5}$ de sa résistance à l'extension et celle de la fonte est 5,5 fois sa résistance à la tension.

Néanmoins, vu le défaut d'homogénéité de la fonte, il est prudent de limiter sa compression à 5 kilogrammes par millimètre carré, tandis que pour le fer on va jusqu'à 6 kilogrammes.

2° Si la longueur des prismes augmente, ils prennent une forme en arc de cercle et plient comme des ressorts, la résistance diminue très-rapidement.

Une colonne en fonte se rompt toujours par écrasement lorsque sa hauteur varie de 0 à 5 fois le diamètre; elle se rompt à la fois par écrasement et flexion lorsque sa hauteur varie de 5 à 25 fois le diamètre; au delà c'est toujours par flexion que la rupture se produit.

Dès que la flexion a commencé, elle tend à augmenter très-rapidement même pour une faible augmentation de la pression.

Lorsque les extrémités des colonnes sont encastrées, la résistance est trois fois plus forte que lorsqu'elles sont arrondies; aussi constitue-t-on l'encastrement en haut et en bas au moyen de chapiteaux et d'embases solidement boulonnés.

A égalité de matière, il est avantageux de donner à la colonne une forme renflée au milieu : on augmente la résistance de $\frac{1}{7}$ ou $\frac{1}{8}$; cela se comprend, car on doit rendre la flexion moins facile.

A égalité de matière, les colonnes creuses résistent beaucoup mieux que les

colonnes pleines : la fonte, coulée sur une moindre épaisseur, s'est mieux trempée et l'accroissement du diamètre total rend la flexion moins facile. Il est indispensable que la colonne creuse soit d'épaisseur bien uniforme, sans quoi la résistance serait illusoire.

Nous avons donné, d'après M. Lowe, les formules qui permettent de calculer les charges de rupture pour les colonnes pleines en fer ou en fonte ; en adoptant les coefficients de sécurité usuels, on peut imposer à ces colonnes une charge P donnée par les formules :

$$P = \frac{P'}{1,45 + 0,00337\left(\frac{l}{d}\right)^2} \text{ pour la fonte et } P = \frac{P'}{1,55 + 0,0005\left(\frac{l}{d}\right)^2} \text{ pour le fer.}$$

Ces formules ne sont applicables qu'autant que la hauteur l est égale au moins à vingt fois le diamètre (d). P' représente la charge qu'on pourrait imposer à un prisme très-court ayant même section que la colonne ; on déterminera P' en admettant une charge de 6 kilogrammes par millimètre carré pour le fer et 12 kilogrammes pour la fonte.

D'après Hodgkinson, la résistance d'une colonne creuse s'obtient très-facilement ; elle est égale à la différence entre la résistance de la colonne supposée pleine et la résistance d'une colonne hypothétique qui aurait même diamètre que le vide intérieur.

La charge que l'on peut sans danger imposer à une colonne creuse s'obtiendra donc en prenant la différence de deux formules dans lesquelles on aura choisi respectivement pour valeur de (d), d'abord le diamètre extérieur, puis le diamètre intérieur de la colonne.

Pour les colonnes pleines la fonte est plus résistante que le fer, tant que le rapport de la hauteur au diamètre est inférieur à 28.

Pour les colonnes creuses la fonte est plus résistante que le fer, tant que le rapport de la hauteur ou diamètre est inférieur à 33.

La figure 22 de la planche XIV représente une colonne en fonte pleine, isolée ; elle repose par une embase en fer sur une pierre très-dure, dont l'assiette de fondation est elle-même inébranlable ; le chapiteau lui-même est surmonté d'une plaque de fer reliée au poitrail ou poutre qu'il s'agit de supporter ; cette précaution est surtout importante lorsque la colonne est placée sous des pièces de bois, parce qu'alors le métal pourrait transmettre à la zone de bois en contact une pression trop forte, et les fibres se trouveraient refoulées.

Il est rare qu'on emploie des colonnes isolées, si ce n'est à l'intérieur des édifices ; lorsqu'il s'agit de supporter un mur de face en maçonnerie et qu'on veut obtenir pour les boutiques un rez-de-chaussée à jour, on a recours à des colonnes jumelles, ou même à des faisceaux de quatre colonnes si la portée du poitrail est grande et la charge considérable.

On a soin alors de rendre solidaires au moyen de colliers ou brides horizontales les colonnes accouplées ; on rend ainsi la flexion et par suite la rupture moins facile, car cela revient à constituer une sorte de colonne creuse. Dans le calcul, il est bon de ne pas tenir compte du surcroît de résistance.

Les figures 23 et 24 de la planche XIV suffisent à faire comprendre la disposition des brides en fer forgé qui assurent la solidarité des colonnes.

Il est rare aujourd'hui que les colonnes en fonte soient alliées à une charpente en bois ; elles vont en général avec la charpente en fer.

Le constructeur doit apporter tous ses soins à la vérification des colonnes qu'il emploie ; la fonte est souvent irrégulière et présente des défauts cachés ; il faut veiller surtout à ce que les colonnes creuses aient une épaisseur constante.

La pose aussi exige une attention minutieuse ; une faible erreur d'aplomb place les colonnes dans de mauvaises conditions de résistance et les expose à la flexion et à la rupture. L'encastrement doit être réalisé autant que possible et on doit relier les chapiteaux et les embases à de larges plaques de fer.

Au point de vue de l'incombustibilité, les colonnes en métal n'ont pas répondu à ce qu'on en attendait ; supposez qu'un incendie se déclare dans un rez-de-chaussée à colonnes métalliques, celles-ci se ramollissent par la chaleur et cèdent tout d'un coup ; leur chute entraîne celle de tout l'édifice superposé. L'inconvénient est bien moindre avec des supports en pierre.

Lorsqu'on se sert de colonnes à plusieurs étages, il faut placer ces colonnes exactement sur la même verticale et relier invariablement le chapiteau de la colonne du dessous avec la base de la colonne du dessus.

Au lieu de colonnes à section circulaire, on peut adopter des sections rectangulaires ou polygonales ; la figure 25 de la planche XIV représente une colonne ou plutôt un pilastre carré qui a été employé dans la construction du nouveau collège Chaptal.

La figure 26 de la planche XIV représente en élévation une colonne en fonte d'un assez bon style, qui a reçu de nombreuses applications.

Les colonnes en fonte conviennent bien à tous les édifices ordinaires pour lesquels la hauteur d'étage n'est pas considérable ; mais, dans les édifices exceptionnels de grande hauteur, la colonne en fer devient préférable. C'est pourquoi on l'a employée au palais de l'Exposition de 1867 ; on lui donne une section creuse, généralement rectangulaire, et on la compose de tôles et fers spéciaux. Il faut éviter l'aspect de massivité et mettre en évidence le creux intérieur ; on pourra recourir par exemple, à deux doubles T verticaux, reliés latéralement par deux claires-voies.

Les fers laminés en forme de rail Barlow et accolés deux à deux par leurs ailes constituent d'excellents supports isolés ; nous en avons vu l'application faite par M. l'ingénieur Paul Regnauld au viaduc de Paludate, à Bordeaux, rien n'empêche de la renouveler pour les constructions ordinaires.

L'Amérique fabrique des colonnes en fer formées de fers laminés à section curviligne, correspondant chacun à la moitié, au tiers, au quart, au sixième d'une même circonférence ; ces fers présentent des ailes saillantes par lesquelles on les rive l'un à l'autre. Quelquefois, on adopte des sections polygonales.

La figure 27 de la planche XIV représente une colonne de section octogonale, formée de quatre secteurs rivés ; le pied et la tête sont encastrés solidement dans une embase et un chapiteau et on emplit les vides soit avec du mastic à la limaille de fer, soit avec de bon ciment fin.

Grâce aux indications précédentes, le constructeur pourra imaginer un grand nombre de combinaisons de colonnes ; il n'y a point de règle établie, du moins pour les colonnes en fer, et chacun peut rechercher les profils les plus élégants et les plus avantageux.

Serrurerie proprement dite. — Nous n'entrerons pas dans de longues descriptions des pièces nombreuses qui composent la serrurerie de bâtiment. Avec l'aide des figures, une simple énumération sera presque suffisante :

I. **Ferrures des portes et fenêtres.** — Les pentes et pentures sont les bandes

de fer fixées sur les vantaux de la porte et les reliant à d'autres fers scellés dans la feuillure. Ce sont les pentes et pentures qui permettent la rotation.

Les figures 1 de la planche XV, représentent des pentures ordinaires; elles sont fixées dans les bois de la porte par des clous et mieux par des vis à tête fraisée, et se terminent par un œil où pénètre un goujon monté sur une tige scellée dans la feuillure.

Le pivot au lieu d'être fixé à la pièce dormante peut être fixé à la penture, et alors la pièce dormante se termine par une crapaudine; la figure 2 représente une disposition de ce genre, et en rejetant le gond et la crapaudine en dehors de la verticale du montant, la porte se ferme d'elle-même sous l'action de la pesanteur; la figure 4 représente des pentures à équerres pour grandes portes cochères; la penture sert alors à consolider le châssis;

On désigne sous le nom de penture flamande celle de la figure 5 qui embrasse la porte; on conçoit que l'assemblage est beaucoup plus solide; dans une grande porte cochère, la ferrure du haut A, porte le nom de bourdonnière; elle a surtout pour objet d'empêcher la porte de donner du nez; dans les portes d'écluse, la bourdonnière prend une grande importance, elle est même rattachée à un tirant diagonal qui s'oppose à la déformation; la ferrure du bas est le pivot, il tourne sur une crapaudine, figure 6, et la fondation de cette crapaudine doit être solidement établie; quelquefois, c'est la pièce fixe qui porte le mamelon saillant, et on a moins à redouter l'introduction des poussières et graviers.

On appelle gond, la ferrure scellée dans la feuillure qui porte le mamelon de rotation; le scellement du gond doit être particulièrement soigné; lorsque les gonds ont à porter une lourde charge on les termine en queue de carpe afin de réaliser plus d'adhérence; les figures 17, 18 et 19 représentent trois gonds : un gond à patte qui se fixe sur un dormant en bois, un gond à pointe qui s'enfonce dans un dormant en bois et un gond à scellement pour feuillure en maçonnerie.

Les pentes et pentures se prêtent à une ornementation soignée; les constructions du moyen âge nous en présentent de nombreux exemples, dont quelques-uns constituent des chefs-d'œuvre de forgeron.

Dans une grande porte, les ferrures ne suffiraient pas toujours et il faut disposer sur la verticale de rotation une attache supplémentaire; cette attache porte souvent le nom de fiche; la figure 7 représente une fiche de porte cochère; l'axe de rotation est porté par deux tiges à queue de carpe scellées dans la feuillure, il est entouré par un manchon que prolonge un aileron taillé en biseau, lequel pénètre dans le montant du vantail et y est retenu par des clous; mais les fiches les plus ordinaires sont de véritables charnières, telles que celles de la figure 8; lorsque la charnière n'a que trois nœuds, elle prend le nom de couplet, figure 9, et convient alors aux portes légères de petite dimension; on donne le nom de briquets aux charnières qui ne peuvent se fermer que d'un côté, l'appendice qui s'oppose au mouvement dans les deux sens porte le nom de coq; les figures 11 et 12 de la planche XV, représentent la première une fiche à bouton, la seconde une fiche à vase; ces noms viennent de l'ornement qui termine l'axe de rotation; les fiches de ce genre servent à la ferrure de quelques portes, des feuilles de volet.

Les figures 13 et 14 représentent les paumelles simples pour portes de petite dimension; la figure 15 est une paumelle double servant aussi à la ferrure des portes; on la fixe par des vis à tête fraisée; elle convient aux portes intérieures; on peut adopter pour les paumelles des formes ornementales plus

ou moins compliquées, comme celle de la figure 16 ; lorsque le métal est poli et brillant, cela produit bon effet.

On conçoit sans peine qu'on peut apporter bien des modifications de détail aux systèmes précédents.

II. **Appareils de fermeture.** — L'appareil de fermeture le plus simple est l'ancien verrou, bien connu de tout le monde ; il peut recevoir les formes les plus simples comme les plus compliquées ; c'est une tige de métal susceptible de recevoir un mouvement de va-et-vient horizontal ou vertical ; elle est fixée au vantail et peut s'engager dans un creux fixé à la feuillure ; elle s'oppose donc au mouvement de la porte ; sur le verrou même, on peut disposer un contre-verrou qui s'oppose au mouvement de recul. La figure 20 représente un verrou orné.

La figure 21 représente le verrou vertical à ressort et à coulisse dont on se sert pour fermer les portes à deux vantaux ou les croisées et volets ; on en trouvera de nombreuses variétés.

Du verrou il faut rapprocher comme simplicité le fléau horizontal dont on se servait beaucoup autrefois pour fermer les portes cochères à deux vantaux, et qui est représenté par la figure 22 ; c'est une fermeture très-solide.

Citons encore le loquet avec bouton en olive, figure 23,

Le loqueteau à ressort, manœuvré avec une ficelle, et qui sert à ouvrir les vasistas qu'on ne peut atteindre, figure 24.

Le loquet est aujourd'hui généralement remplacé par le bec de canne, figure 25, sorte de serrure simple, avec clef dormante que l'on remplace par un bouton en olive ; presque toujours, il y a un bouton de chaque côté ; le mécanisme comprend un pêne chanfreiné (*a*), monté sur la tige *b* susceptible de recevoir, grâce à deux coulisses, un mouvement de va-et-vient horizontal ; le ressort *c* pousse sans cesse cette tige et tend à maintenir le pène fermé ; celui-ci ne s'ouvre qu'autant qu'on tourne le bouton et par suite le levier (*d*) avec un effort suffisant pour vaincre le ressort et faire sortir le pène ; le chanfrein du pène permet à la porte de se fermer d'elle-même lorsqu'on la pousse.

Avant de parler des serrures nous dirons quelques mots des systèmes employés pour fermer les portes et fenêtres à deux vantaux ; autrefois on mettait un verrou en haut et un verrou en bas ; à ce système simple et solide, mais peu commode, on a substitué la crémone et l'espagnolette.

On donne le nom de crémone à un système qui ferme à la fois le verrou d'en haut et le verrou d'en bas ; la crémone se compose d'un bouton que l'on tourne et ce mouvement de translation est transformé par le mécanisme en un mouvement de translation des deux verrous. Exemple : la figure 25, planche 26, représente la crémone à bascule, la rotation de la poignée ou du bouton est transformée par un levier articulé en un déplacement des deux verrous en sens inverse ; la figure 27 représente la crémone à crémaillère dont le fonctionnement saute aux yeux ; la figure 28 donne une crémone à leviers articulés, plus simple que les précédentes, tout le mécanisme est enfermé dans une boîte et le bouton en forme d'olive reste seul apparent.

L'espagnolette ordinaire est représentée par la figure 29, planche XV ; c'est une tige verticale *a*,*a*, en fer plein ou creux qui peut tourner dans des colliers (*d*) fixés au moyen de vis sur le battant meneau à gueule de loup ; en haut et en bas la tige porte des crochets (*b*) qui peuvent pénétrer dans des gâches (*c*) fixées aux traverses haute et basse du dormant ; on voit en *g* les pannetons, rapportés sur la tige et tournant avec elle ; ils servent à maintenir le volet intérieur qui offre pour recevoir les pannetons des trous ou gâches, telles que (*h*) ; on voit en (*p*)

la poignée qui donne à la tige son mouvement de rotatation, et qui peut elle-même tourner autour de son axe horizontal, pour retomber dans la verticale lorsque la fenêtre est ouverte, ou pour se soulever et pénétrer dans le crochet de repos (*l*). On fabrique des espagnolettes ornées très-élégantes, mais la préférence est accordée à la crémone.

Serrures. — On a inventé bien des combinaisons de serrures plus ou moins incrochetables; nous donnerons une idée des plus répandues.

La serrure la plus simple est le bec-de-canne, décrit plus haut.

Le mécanisme d'une serrure est enfermé dans une boîte en forte tôle, ouverte sur la face par laquelle elle s'applique contre le bois de la porte; le fond de cette boîte s'appelle le palâtre, les bords redressés d'équerre sont les cloisons. Un de ces bords, plus long que les autres, s'applique sur la tranche de la porte; on lui donne le nom de rebord; il est traversé par le pène, qui s'engage dans une gâche fixée à la feuillure. On appelle tête du pène la partie qui peut se mettre en saillie sur le rebord; le pène est simple ou fourchu, suivant qu'il est à une ou à plusieurs têtes.

La serrure courante, figure 30, planche XV, est la serrure à gardes fixes; les gardes ou garnitures sont des plaques parallèles au palâtre ou aux cloisons, et découpées de manière à ne livrer passage qu'à une clef déterminée, ayant même profil que les découpures. La figure 30 représente le mécanisme intérieur de la serrure, abstraction faite de la boîte : (*a*) est une garniture parallèle au palâtre, offrant un orifice capable de laisser passer la clef; une fois que la clef a passé, on la fait tourner, elle s'engage dans l'encoche (*c*,*c*) du pène (*b*), et fait aller ce pène à droite ou à gauche; elle le pousse dans la gâche ou l'en fait sortir, et par suite ferme ou bien ouvre la porte. Le système peut se réduire à cette expression, mais on y ajoute d'ordinaire l'arrêt du pène; c'est un levier *f*, mobile autour de l'axe (*d*) fixé au palâtre; ce levier est appuyé en dessus par un ressort qui l'applique contre la face supérieure du pène, laquelle porte deux encoches *m* et *n* qui peuvent recevoir l'ergot *p*, saillant sur la face verticale du levier *f*; ce levier se termine par une lame verticale, cachée par le pène, et désignée par un trait pointillé. Cette lame empiète un peu sur le profil de l'encoche du pène, et il faut que la clef la soulève avant d'agir sur le pène; étant soulevée, elle entraîne l'ergot, le pène se trouve libre et peut marcher dans un sens ou dans l'autre. Il y a deux arrêts correspondants aux deux positions extrêmes; le pène est guidé dans son mouvement horizontal par l'orifice, grâce auquel il traverse le rebord, et par le bouton *q*, fixé au palâtre, et traversant une rainure ménagée dans la queue du pène.

Une clef se compose de l'anneau, de la tige, du bout et du panneton. Lorsque la clef est forée, le bout prend le nom de canon; la clef forée s'engage dans une broche implantée sur le palâtre; les serrures à clef forée ne s'ouvrent donc que d'un côté; la broche peut avoir une section circulaire, carrée, en trèfle, en triangle, etc., elle doit s'adapter au forage de la clef. Dans le panneton, on distingue le museau, qui touche le pène, et le corps; le panneton est profilé de manière à passer dans les garnitures; quelquefois même il est à jour, et présente sur son plat des découpures variées, correspondantes à des gardes implantées dans la serrure, parallèlement aux cloisons. Tous ces ornements sont sans grande valeur au point de vue de la difficulté de crocheter la serrure, et ne doivent inspirer qu'une sécurité des plus médiocres (figure 32).

Lorsque la serrure doit s'ouvrir des deux côtés, la clef n'est pas forée; on a recours à une clef bénarde (figure 31).

Comme nous le disions tout à l'heure, la serrure à gardes fixes n'a aucune valeur; un homme médiocrement exercé en vient à bout en quelques instants avec un crochet. L'imagination des inventeurs a cherché bien des serrures de sûreté, que nous ne décrirons pas.

Ce que l'on rencontre le plus souvent, c'est la serrure anglaise de Bramah, et la serrure à garnitures mobiles.

La figure 33 donne une idée de la serrure de Bramah ou, du moins, de son principe : soit un pène (*ab*) horizontal, présentant latéralement un certain nombre d'entailles, trois, par exemple, *c*,*d*,*e*, que traversent trois lames verticales, *m*,*n*,*p*; au-dessous du pène, à des distances différentes, chaque lame présente une entaille, *g*,*h*,*k*; pour que le pène puisse prendre son mouvement de va-et-vient, il faut que les trois lames verticales soient relevées de manière à lui présenter leurs trois entailles simultanément; et, comme les relèvements sont inégaux et choisis arbitrairement, ils dépendent essentiellement de la clef; on ne peut en deviner le nombre et la disposition, et, à moins de disposer de la clef pour en prendre une empreinte, il faudra beaucoup de temps pour arriver à crocheter la serrure; la clef est forée et agit sur un ressort à boudin; quelquefois on donne pour cette raison au mécanisme le nom de serrure à pompe.

La figure 34 fera comprendre la serrure à garnitures mobiles; le pène AA est échancré et est guidé dans son mouvement par l'orifice du rebord et par le bouton (*b*) fixé au palâtre, et glissant dans la rainure du pène. Sur le même bouton (*b*), et mobiles autour de lui, sont montées plusieurs plaques de cuivre I, trois, par exemple, présentant des échrancrures analogues à celles qu'indique la figure; ces trois plaques, qui se recouvrent, peuvent osciller autour de (*b*) indépendamment les unes des autres; on voit en (*m*) l'ergot implanté sur le pène, et traversant les échancrures des plaques; pour que le pène se meuve, il faut que l'ergot se trouve juste en face des intervalles resserrés (*n*,*n*) qui séparent les échancrures des trois garnitures; cet effet ne peut se réaliser que si les garnitures sont soulevées de quantités inégales qui dépendent de leur profil. A chaque garniture, correspond donc sur le panneton de la clef une saillie spéciale *u*,*t*,*s*, et la dernière saillie (*r*) agit sur l'encoche du pène.

On voit qu'il faut établir une concordance parfaite entre la clef et les garnitures, et si la fabrication de la serrure est soignée, elle devient presque un instrument de précision.

Toutes ces serrures sont à un ou deux tours; généralement, la serrure renferme, outre son mécanisme proprement dit, un bec-de-canne qui se manœuvre à volonté, soit par la clef, soit par un bouton spécial : la serrure est alors à un tour et demi ou à deux tours et demi.

Il existe beaucoup de serrures, telles que les cadenas, les serrures de malles, qui n'ont point de pène sortant; le pène se meut à l'intérieur, et la gâche est remplacée par une sorte d'anneau pénétrant dans la serrure, c'est l'aubernon.

On trouvera dans les traités spéciaux la description des serrures à lettres ou à combinaisons variées.

2° PLANCHERS MÉTALLIQUES

Les planchers métalliques sont déjà en usage depuis longtemps; à l'origine, on les composait avec des fers à section rectangulaire ou carrée, faciles à obtenir

par la forge et le laminage; lorsque la portée était notable, on avait recours à des poutres composées, véritables fermes métalliques, quelquefois compliquées. Le fer à section rectangulaire est dans de mauvaises conditions de travail; il faut, comme nous le savons, accumuler la matière en haut et en bas de la section, et en mettre le moins possible dans la partie médiane qui correspond à la fibre neutre, c'est-à-dire à la zone où les fibres ne sont soumises ni à l'extension ni à la compression. On arrive à réaliser ce desideratum avec des fermes composées en fer forgé; mais ces fermes sont très-coûteuses à cause de la main-d'œuvre qu'elles exigent, et le plancher métallique n'a pu entrer dans la pratique courante que depuis le moment où on a commencé à fabriquer les fers laminés à section quelconque.

La section à double T est la plus favorable; et, comme la résistance de la tôle est à peu près la même à la tension qu'à la compression, on adopte pour les ailes du T des dimensions égales : on a ce qu'on appelle le double T symétrique.

La section à simple T est inadmissible pour le fer, parce qu'elle entraîne un notable excès de matière, et place l'âme dans de mauvaises conditions de résistance.

Les sections en V et en U renversés sont généralement bien comprises, et sont fort bien disposées pour recevoir les retombées des voûtes de remplissage en poteries ou en briques; ces formes ne peuvent, du reste, être obtenues dans de bonnes conditions qu'avec des fers de qualité convenable; c'est une garantie. Cependant, cette garantie se paye, ainsi que la difficulté de fabrication; et, à résistance égale, le fer en V absorbe plus de métal que le double T.

Pour les grandes parties, il faut des poutres élevées : les doubles T ne peuvent plus être laminés d'un seul morceau, il faut les composer avec des tôles planes et des cornières rivées.

Nous ne reviendrons pas sur la composition de ces pièces, dont nous avons donné de nombreux exemples dans notre *Traité des ponts métalliques*. Nous rappellerons seulement que les grandes usines publient et adressent gratis, aux ingénieurs et architectes, des albums renfermant les dimensions et les poids des fers laminés qu'elles peuvent livrer aux constructeurs d'une manière courante.

Solives en fonte. — Les solives en fonte ont eu quelque succès en Angleterre ; on leur donne la forme d'un simple T renversé, car elles résistent cinq fois mieux à la compression qu'à l'extension. Si on pouvait compter sur la qualité de la fonte, et la faire travailler, par exemple, à 10 kilogrammes par centimètre carré à la compression et à 2 kilogrammes à l'extension, l'usage en serait économique.

Malheureusement, la fonte résiste assez mal aux chocs, elle est rarement d'une fabrication bien homogène, et nous ne saurions en conseiller l'emploi général; c'est dans des cas spéciaux, en soumettant les poutres et solives à des essais soigneusement exécutés, que l'on pourrait y recourir.

La fabrication des pièces de fonte et le calcul des poutres à simple T ont été exposés en détail dans le *Traité des ponts métalliques*, auquel voudra bien se reporter le lecteur désireux d'approfondir la question.

Plancher en fers méplats. — C'est le plus ancien et celui qui s'est présenté le premier, car il est analogue au plancher en bois.

Il se compose de solives (a, a,) en fer méplat, posées de champ et refendues en queue de carpe à leurs extrémités qui sont solidement scellées dans les murs et retenues par des ancres, figure 1 planche XVI. Les solives sont réunies par

des entretoises *b*, *b*, deux fois recourbées à angle droit; leurs crochets embrassent les solives, en maintiennent l'écartement et s'opposent à leur voilement. Les entretoises sont en fer méplat ou carré.

Elles sont reliées entre elles par des fers *c*, *c* parallèles aux solives, lesquels portent le nom de fantons; ce sont des carillons ou petits fers à section carrée.

On a soin de donner aux solives une légère convexité vers le haut; en général la flèche est de $0^m,01$ par mètre de portée. Cette précaution doit toujours être prise, d'abord pour parer aux flexions qui se produiront sous l'influence des surcharges, et surtout pour détruire le mauvais effet que présentent en perspective les pièces horizontales vues à distance. Ces pièces paraissent toujours fléchir, et il faut avoir soin de leur donner vers le haut une courbure sensible pour qu'elles ne paraissent point s'infléchir sous la charge.

Les solives (*a*, *a*) sont espacées, entre elles de $0^m,75$ à $0^m,80$; leur épaisseur est de 9 millimètres et leur hauteur de 190, 165, 135 millimètres pour des portées de 7, 6, 5 mètres. On peut du reste en calculer les dimensions en vue de la charge à supporter, et cela par les formules ordinaires de résistance des matériaux.

Les entretoises (*b*) ont 20 sur 10 millimètres; leur espacement est aussi de $0^m,75$ à $0^m,80$. Les fantons sont des fers carrés dont la section a 11 millimètres de côté.

Les entretoises et les fantons constituent ce qu'on appelle la paillasse plancher. Cette paillasse supporte des augets en plâtre comme ceux que nous avons vus dans les planchers en bois, ou bien un hourdis de briques pleines ou creuses, ou bien encore un remplissage en poteries [voir pour les poteries et les briques de diverses natures notre *Traité de l'exécution des travaux*].

On peut remplacer les briques creuses par les carreaux creux en plâtre, dont l'usage s'est généralisé dans ces dernières années; ils sont suffisamment résistants, donnent une paroi sourde et ne coûtent pas cher.

Sous la paillasse s'applique le plafond en plâtre, et sur le hourdis on pose le carrelage ou le plancher.

Planchers à fermettes. — La fermette la plus simple, figures 2 planche XVI, se compose d'un arc ou arbalétrier (*a*) en fer forgé, terminé par des scellements, cet arc est moisé, suivant sa corde par deux fers méplats, *b*, boulonnés avec les extrémités de l'arc et reliés à son sommet par une bride de fer forgé. Un poinçon ou coin en fer engagé entre les deux moises s'élève jusqu'au sommet de l'arc et maintient l'écartement.

Les fermettes de cette nature sont écartées de 3 à 4 mètres; on divise l'intervalle qui les sépare par deux tirants en fer méplat parallèles aux fermettes, et on réunit le tout par des entretoises à crochet supportant elles-mêmes des fantons à crochet. La paillasse est recouverte d'un hourdis en plâtre, briques ou poteries.

Lorsqu'il est nécessaire d'obtenir sur les fermettes une surface horizontale, on place au-dessus de l'arc une pièce parallèle au tirant et on réunit les trois pièces par des frettes ou moises verticales ou inclinées.

Les figures 3 de la planche XVI représentent en élévation une des fermes qui supportaient le plancher de la salle des Maréchaux aux Tuileries; les fermes comprenaient : un arbalétrier *a*, *a*, maintenu par un entrait *b*, *b*, et celui-ci était traversé par des arcs *c*, *c*, qui servaient en quelque sorte de contre-fiches à l'arbalétrier. Toutes ces pièces étaient rendues solidaires par des liens en fer

forgé. Le remplissage entre les fermes était fait en grandes poteries de 0m,24 de hauteur et de 0m,11 de diamètre.

On conçoit qu'un pareil système, avec tous ses assemblages de pièces forgées, devait revenir à un prix élevé. On ne l'appliquerait certainement pas aujourd'hui.

On a quelquefois mis en œuvre le système de la figure 4 planche XVI; il consiste à réunir par des tirants en fer les murs opposés; ces tirants sont ancrés dans la maçonnerie et leurs extrémités sont réunies par des chaînes en fer logées dans les murs et parallèles à la direction de ces murs. Toute la construction est donc rendue solidaire. Au lieu de plancher, on recouvre le rectangle des quatre murs avec une voûte très-surbaissée en poteries hourdées de plâtre; cette voûte est très-légère, il est vrai. Néanmoins, nous ne pensons pas que ce système doive entrer dans la pratique courante : la rupture d'un seul tirant pourra entraîner la ruine de tout l'édifice, et on ne peut pas répondre qu'il n'existera pas quelque malfaçon locale, qu'un tirant, qu'un assemblage ne viendra pas à se rouiller. Il ne faut admettre dans les planchers que des voûtes de petite ouverture. Le système des grandes voûtes avec tirants en fer conviendrait tout au plus pour des planchers de terrasses, à condition que ces voûtes seraient exécutées en poteries ou en briques creuses recouvertes d'une chape en béton et ciment.

Les fermes en fer forgé ont été très-utiles en plus d'un cas pour constituer les poitrails qui supportent par exemple un gros mur de face à l'emplacement des boutiques; autrefois, on faisait ces poitrails en bois, coutume bien défectueuse que l'on conserve encore dans quelques pays ; associer du bois à une façade en pierre exposée aux intempéries ne se comprend guère. D'autant plus qu'en bien des cas, on peut exécuter, sans grande dépense, une voûte surbaissée. Lorsque la portée est trop considérable, la voûte surbaissée devient impossible et on a recours aux poitrails en fer, composés de deux fermes solidement accouplées et calculées en vue de la charge qu'elles auront à supporter.

Planchers en fers à double T. — C'est le plancher en fer à double T qui est aujourd'hui le plus répandu, et, grâce aux progrès de la fabrication du fer, on peut construire des planchers de ce genre dans la moindre bourgade.

La figure 5 planche XVI représente un des premiers types de planchers en fer; les solives sont des fers laminés en double T, solidement ancrés dans les murs qu'ils relient, ces fers sont réunis transversalement par des entretoises à crochet, et celles-ci supportent les fantons ou petits fers carrés. Le remplissage sur la paillasse est fait en augets, en poteries, en briques creuses, en modillons creux de plâtre, en béton. On peut même laisser l'entrevous vide et établir le plafond inférieur sur un lattis en bois; mais, on aurait de la sorte un plancher très-sonore et on aggraverait outre mesure cet inconvénient caractéristique des planchers en fer. La sonorité ne peut être atténuée que par un remplissage massif et épais. Sur les solives reposent des lambourdes en bois, entaillées au passage des doubles T et sur ces lambourdes est cloué le plancher.

Les fers à double T sont calculés suivant la portée, ils sont espacés d'environ 1 mètre; les entretoises et les fantons ont au contraire des dimensions constantes; généralement, ce sont des fers carrés de 16 millimètres (entretoises) et de 10 millimètres (fantons).

Dès que la portée atteint 7 à 8 mètres, les planchers en fer analogues au précédent deviennent plus économiques que les planchers en bois.

Dans le calcul des planchers, on admet d'ordinaire une surcharge de 70 kilogrammes par mètre carré ; à cela, il faut ajouter la charge fixe, facile à évaluer d'une manière suffisante par la connaissance approximative de la densité des diverses matières mises en œuvre. Connaissant la portée d'une solive, sa charge fixe et sa surcharge, ainsi que la hauteur qu'elle peut avoir, hauteur qui dépend de l'épaisseur du plancher, on se donne la section de cette solive et par suite son poids, on fait les calculs de résistance : si le métal travaille sous un effort supérieur à 6 kilogrammes par centimètre carré, on augmente la section ; dans le cas contraire, on la diminue. Dans tous les cas, on arrive vite, après quelques tâtonnements, à la dimension voulue.

La hauteur des doubles T servant de solives est d'environ $\frac{1}{30}$ de la portée; les poutres en bois ont en hauteur $\frac{1}{24}$ de leur longueur; le fer permet donc de réduire l'épaisseur des planchers, grand avantage pour les hautes constructions des villes. Si l'on ne tient pas absolument à ménager l'espace vertical, il y aura avantage à augmenter le rapport de la hauteur du double T à sa portée.

Les solives et poutres en double T sont encastrées et ancrées dans la maçonnerie des gros murs comme le montre les figures 5^3, 5^4 de la planche XVI.

La différence entre les divers systèmes de planchers, pour lesquels on adopte pour les poutres et solives des double T en fer, porte surtout sur la manière dont on opère l'entretoisage et le remplissage.

On obtient un excellent entretoisage avec de petits fers en double T, avec des cornières, avec des simple T, figures 6, 7 et 8, planche XVI; les assemblages des solives et des entretoises se font au moyen de goussets rivés. Dans ces systèmes, les fantons sont toujours nécessaires lorsqu'on veut faire un remplissage en augets ; mais, on peut les supprimer et adopter pour le remplissage les briques creuses, les poteries, les modillons creux en plâtre, et les ailes des cornières ou des fers à T facilitent singulièrement la pose de ces matériaux.

Enfin, on peut supprimer l'entretoisement métallique et relier les fers en double T les uns aux autres au moyen de voûtes surbaissées en briques pleines ou creuses ; les voûtes sont recouvertes d'un remplissage en béton qui reçoit le plancher; c'est lourd et massif, mais très-solide. Les cylindres d'intrados des voûtes sont parallèles aux solives; la poussée de la dernière demi-voûte s'exerce donc sur le mur latéral ; on fera bien de recevoir la retombée de cette voûte sur un fer à double T, égal aux autres, accolé au mur ou noyé dans la maçonnerie de ce mur, et il sera bon de relier ce dernier fer avec le précédent au moyen de tirants en fer plat qui pourront être rivés sur les ailes supérieures des deux double T. De la sorte, on n'aura rien à craindre et on ne verra point se produire de fissures.

Les voûtes en briques pourront avoir $0^m,75$ à 1 mètre de corde et être surbaissées au $\frac{1}{10}$ ou au $\frac{1}{15}$, fig. 9 et 10.

Ce genre de construction se prête à un système rationnel de décoration ; on pourra laisser apparents l'intrados des voûtes et les semelles des double T ; on peindra ces deux surfaces de couleurs différentes ; le mode de construction se trouvera nettement accusé et on aura un système de longs caissons cylindriques séparés par des plates-bandes.

Aux voûtes en briques on peut substituer, figure 11, des tôles minces, cintrées, assemblées au moyen de cornières accolées et courbées suivant la section droite du cintre. Sur ces feuilles de tôle on établit un remplissage en béton maigre qui reçoit le plancher.

Lorsque la portée est trop considérable, on substitue aux doubles T laminés

des doubles T composés de tôles planes et de cornières, avec âme évidée ou en lattis. Nous avons donné assez d'exemples de ces poutres dans le *Traité des ponts métalliques* pour n'avoir pas besoin de les reproduire ici.

Ces pièces composées sont très-utiles pour remplacer les maîtresses poutres en bois; elles permettent quelquefois de supprimer des murs de refend, que l'on remplace par une poutre en tôle posée sur colonnes en fonte.

Les figures 12 de la planche XVI donnent une idée de cette disposition : la maîtresse poutre en tôles planes et cornières supporte un plancher en fers à double T laminés.

Les portrails, avec ou sans colonnes en fonte, se composent de plusieurs doubles T accolés et rendus solidaires par des frettes et entretoises, intérieures et extérieures. La figure 13 en est un exemple.

Lorsqu'on ne recherche pas absolument l'incombustibilité des planchers, incombustibilité qui nous paraît du reste illusoire, on peut substituer aux entretoises en fer des entretoises en bois : comme ces entretoises sont cachées et n'ont que de faibles longueurs, elles peuvent être constituées pour ainsi dire avec des bois quelconques, et, par leur emploi, on obtient des planchers réellement économiques.

On a préconisé l'emploi des solives en triple T qui permettent d'établir un plancher en quelque sorte à double fond; la couche d'air interposée entre le parquet et le hourdis s'oppose à la propagation du son et à la déperdition de la chaleur, figure 14; ce système ne s'est point répandu.

L'écartement des solives étant de 0m,80, la charge totale par mètre carré de plancher étant évaluée à 250 kilogrammes, on adoptera des doubles T en fer laminé ayant :

Une hauteur de	0m,10	et un poids de environ	9 kilogr.	pour une portée de	3m,00
—	0m,12	—	11	—	4m,00
—	0m,14	—	14	—	5m,00
—	0m,16	—	15	—	6m,00
—	0m,20	—	22	—	7m,00
—	0m,22	—	26	—	8m,00

Planchers avec fers en U ou en V renversés.— Les fers en U ou en V renversés sont connus sous le nom de fers Zorès, du nom de leur propagateur ; avec ces fers, qui sont en général d'assez bonne qualité parce qu'ils sont plus difficiles à laminer que les formes simples, on peut obtenir beaucoup de pièces composées, telles que colonnes, poutres horizontales. Ils sont faciles à assembler grâce aux rebords qu'ils présentent.

La figure 15, planche XVI, donne la coupe en travers d'un fer Zorès.

L'emploi du fer Zorès entraîne presque nécessairement la construction d'un plancher avec petites voûtes en briques creuses; les branches du V sont en effet naturellement disposées pour recevoir les retombées de ces voûtes. Cependant, on a souvent recours, même avec les fers Zorès, à un système d'entretoises et de fantons supportant un des remplissages connus, figure 16.

On peut encore constituer une paillasse continue en posant sur les solives de la tôle ondulée ; figure 17 ; l'emploi de la tôle ondulée est du reste aussi facile avec le fer à double T qu'avec le fer Zorès ; nous avons vu qu'elle rendait de grands services pour l'établissement des tabliers des ponts.

Remarques générales sur les planchers en fer. — Lorsque les poutres en fer supportent une charge notable, il est prudent de ne point en faire reposer les

extrémités sur de la maçonnerie ordinaire; les abouts devront être reçus soit par une forte pierre en granit, soit par une plaque de tôle ou de fonte, chargée de répartir la pression sur une surface suffisante pour qu'il n'y ait ni tassement, ni écrasement. Il semble que les sabots en fonte seraient économiques et d'une application facile. C'est surtout aux abouts des poitrails que la présence de ces sabots est nécessaire.

Toutes les fois qu'on n'adoptera pas des dispositions connues et sanctionnées par l'expérience, il faudra calculer les dimensions des pièces qui entrent dans l'ossature du plancher. Pour cet objet on pourra adopter les données suivantes:

Dans les maisons ordinaires, aux étages supérieurs des grandes maisons, dans les chambres à coucher, on donnera au plancher $0^m,30$ d'épaisseur; la charge fixe est de 275 kilogrammes par mètre carré pour un remplissage en plâtras et de 225 kilogrammes pour un remplissage en briques creuses; la surcharge maxima est de 75 kilogrammes par mètre carré.

Pour les salons et pièces de réception, l'épaisseur est de $0^m,35$, la charge fixe augmente de 25 kilogrammes par mètre carré, et il faut compter sur une surcharge de 100 à 140 kilogrammes.

Dans les grands salons pour assemblées ordinaires, la surcharge sera portée à 200 kilogrammes par mètre carré, et, dans les cas exceptionnels, à 300 kilogrammes.

L'entretoisage au moyen des cornières rivées emploie moins de métal que le système des entretoises à fer carré avec crochets, et il donne plus de rigidité au plancher; il est donc préférable à ces deux points de vue, mais il absorbe plus de main d'œuvre et est plus difficile d'exécution.

Pour les poitrails qui doivent supporter les maisons de Paris à cinq ou six étages, on compte d'ordinaire par mètre courant de poitrail une charge de 20,000 à 25,000 kilogrammes, pour un mur de face de $0^m,50$ d'épaisseur.

On ne tient pas compte de la dilatation dans les planchers ordinaires, notamment en ce qui touche l'ancrage; en effet, les écarts de température sont peu considérables pour des fers noyés dans la maçonnerie.

Poutres armées. — A la page 78 du *Traité des ponts métalliques*, nous avons montré comment on pouvait faire le calcul des poutres armées; le plus simple est de recourir à des décompositions et recompositions successives par le parallélogramme des forces.

Autrefois, on appelait poutre armée une poutre en bois que l'on renforçait par des pièces métalliques; aujourd'hui, bien que ce système souvent peu rationnel soit encore en usage, on entend plutôt par poutres armées des systèmes composés de pièces dont chacune est calculée en vue de l'effort maximum qu'elle aura à supporter et construite avec un métal approprié à la nature de cet effort.

Ainsi, dans une poutre armée, on fera en fonte la semelle supérieure qui travaille par compression, au contraire on emploiera la tôle ou le fer forgé pour la semelle inférieure qui travaille par extension, et les liens verticaux ou inclinés qui réunissent les deux semelles se feront en bois, en fer ou en fonte suivant les cas.

Ces dispositions sont logiques; ce qui ne l'est point, c'est de renforcer une poutre en bois par des feuilles de tôle accolées sur ses faces latérales : l'élasticité des deux matières n'est pas la même; donc, si l'ensemble fléchit de telle sorte que le bois travaille convenablement, le métal travaillera trop ou trop peu. Ces alliances, qui avaient leur raison d'être autrefois, ne l'ont plus aujourd'hui; la poutre entièrement métallique a supplanté la poutre armée.

La figure 18, planche XVI, représente la section d'une poutre armée assez complexe : deux poutres en bois comprennent entre elles soit une feuille de tôle, soit une de ces fermettes, que nous avons décrites plus haut, composées d'un arc et d'un tirant ; le tout est rendu solidaire par des boulons horizontaux qui traversent aussi les lambourdes rattachées à la maîtresse poutre par des étriers en fer. Cette poutre complexe a rendu des services ; elle est aujourd'hui abandonnée.

En fait de poutres armées, on n'a plus guère recours qu'aux poutres en bois avec tirants en fer et bielles en fonte, telles que celles que représentent les figures 19, 20 et 21 de la planche XVI.

3° COMBLES MÉTALLIQUES.

Dans le chapitre relatif à la charpente en bois, nous avons défini les combles des diverses espèces ainsi que les pièces qui entrent dans leur composition.

Pour les combles comme pour les planchers, le fer a remplacé le bois dans la plupart des constructions de quelque inportance. Pour les grandes portées, le fer offre une solution simple et économique.

Le fer a sur le bois l'avantage du petit volume et de l'incombustibilité, point important pour des édifices tels que les musées et les théâtres.

Les Anglais ont fréquemment construit des fermes en fonte ; mais, elles ne se sont point répandues en France, où l'on a réservé la fonte pour les pièces telles que les colonnes et contre-fiches, qui travaillent uniquement par compression.

Bien que l'exclusion de la fonte nous paraisse trop absolue, bien que les fermes et arcs en fonte soient susceptibles de rendre de bons services, nous conseillons de recourir au fer et à la tôle dans les cas ordinaires, parce que ces matières offre moins de chances d'insuccès et qu'il est bien plus facile de reconnaître les défauts qu'elles peuvent présenter.

C'est dans la seconde moitié du dernier siècle qu'on a commencé à construire les combles métalliques. Longtemps on ne s'est servi que du fer forgé et la main d'œuvre élevait outre mesure le prix de revient ; avec des pièces en fer forgé, on peut atteindre dans certains cas le prix de 1 fr. 50 et même de 2 francs le kilogramme ; aujourd'hui, c'est à la tôle et aux fers spéciaux qu'on a recours, et le prix du kilogramme de métal peut descendre à 0 fr. 60 cent. mis en place. Nous allons décrire rapidement des spécimens des divers systèmes ; en cette matière, les descriptions n'ont guère d'importance et les dessins en tiennent lieu.

1° Combles en fonte. — Les combles en fonte sont, avons nous dit, peu répandus. La figure 1 de la planche XVII représente en élévation une des fermes du comble de la cathédrale de Chartres

Ferme du comble de la cathédrale de Chartres. Cette ferme est ogivale et supporte des pannes en fer. Elle est représentée d'aprés les dessins de M. Eck, architecte, et a été construite sur le projet dé M. Émile Martin. Elle comprend : deux arbalétriers en panneaux de fonte, et un tirant en fer forgé *f*. Chaque arbalétrier se compose de six panneaux évidés en fonte, à nervures saillantes qui servent à l'assemblage, la figure 2 montre la coupe en travers d'un panneau. Les panneaux sont assemblés entre eux ainsi qu'on le voit sur la perspective, figure 3 :

une clef en fer A pénètre dans des cavités ménagées dans les bourrelets des deux panneaux voisins et des goujons B assurent l'assemblage ; deux panneaux enserrent entre eux des pannes *e, e*, qui entretoisent les fermes, ces pannes sont de simples fers méplats. Le panneau inférieur d'un arbalétrier repose sur un sommier en fonte *f* recourbé verticalement à l'intérieur et s'appliquant exactement sur la maçonnerie. On voit en dehors de ce sommier le chéneau en fonte scellé dans la maçonnerie. Le faîtage est constitué par un chapeau en fonte *h*, qui maintient en contact les sommets des arbalétriers et qui reçoit dans des cavités *ad hoc* trois pannes faîtières semblables aux pièces (*e*). A l'extrados des panneaux et dans le prolongement de leurs montants, on voit des entailles *l'* qui reçoivent le pied de supports en fer *m, m*, terminés par une fourchette qui embrasse le chevron (*n*) ; ce chevron est un fer méplat et supporte une couverture également en métal, posée sur les pannes *o, o*, marquées sur la vue perspective.

Ferme en fonte et fer forgé de l'usine à gaz de Perrache (*Lyon*). Les figures 4 à 6 de la planche XVII représentent une ferme en fonte et fer forgé de l'usine à gaz de Perrache, à Lyon. L'ouverture est de 12 mètres ; les arbalétriers sont formés chacun de trois panneaux en fonte, avec nervures solidement boulonnées les unes aux autres.

Le panneau inférieur se termine par un large patin, bien appliqué sur la maçonnerie dans laquelle il est ancré par deux boulons à tige barbelée.

Un double tirant en fer rond est boulonné sur deux oreilles verticales que présente le panneau inférieur, et ce tirant est soutenu en son milieu par un poinçon unique, que termine un double étrier. Les arbalétriers sont contreventés par trois pannes en fer, dont une est au sommet; ils se trouvent contreventés en outre par la toiture en tôle ondulée.

Cette construction est bien comprise et pourrait être imitée aujourd'hui; on a eu tort seulement de relier les deux patins des arbalètriers d'une maniere invariable à la maçonnerie, il vaudrait mieux, pour parer aux effets possibles de la dilatation ne fixer qu'un des patins et laisser l'autre libre de glisser sur une plaque de friction qui, elle, serait scellée dans la maçonnerie.

Comble en fonte de l'atelier de Maudslay. — La figure 1 de la planche XX représente le comble brisé, de 18 mètres d'ouverture, que MM. Maudslay avaient construit il y a déjà bien longtemps pour recouvrir leurs ateliers à Londres.

Chaque ferme se compose de deux panneaux triangulaires, reliés a leur partie haute par un panneau rectangulaire horizontal ; tous ces panneaux sont en fonte, évidée par des cercles dont le diamètre va croissant de la base au sommet de la ferme. Sur le panneau supérieur est montée une lanterne dont l'ossature est en fonte. Les panneaux inférieurs reposent au sommet de murs de $6^{m},50$ de hauteur, au moyen de patins scellés dans la maçonnerie. Nous ferons à ce système le même reproche qu'au précédent ; sans doute, au moment de la pose, on peut avant le scellement se laisser produire une déformation telle que la poussée horizontale de la ferme se trouve annulée par les réactions qui se développent dans certaines parties du système ; mais l'équilibre n'est pas stable, il se modifie avec la température et il peut se développer au sommet des murs des poussées horizontales dangereuses. Des fermes de ce système devraient reposer, au moins par une extrémité, sur des plaques de friction ou sur un chariot mobile.

2° **Combles en fer forgé.** — Un des premiers combles en fer forgé fut construit en 1786 par l'architecte Louis, pour le Théâtre-Français. Nous examinerons quelques combles plus récents.

Combles de la manutention. — Les figures 11 de la planche XX représentent les combles de la Manutention construits par M. le capitaine Gréban. Le tirant des fermes n'est autre que les fermettes en fer forgé qui supportent un plancher en poteries. A l'extrémité de ces fermettes s'assemble par enfourchement un arbalétrier en fer forgé; le comble est de forme ogivale; outre les arbalètriers, il comprend un poinçon et un entrait. Six cours d'entretoises horizontales ou pannes s'appuient sur les fermes et reçoivent elles-mêmes les fantons parallèles aux fermes, espacés entre eux de 0m,50. Les vides sont remplis par une voûte en poteries, recouverte d'un enduit de plâtre sur lequel s'applique la couverture en plomb.

A côté du grand comble ogival, on voit le comble en appentis; les demi-fermes de ce dernier comprennent un arbalétrier, un tirant, un poinçon et une contre-fiche.

Nous avons reproduit sur la planche 11, les assemblages des fermes précédentes; ce sont les figures 3 qui donnent l'assemblage du poinçon et de la fermette du plancher qu'il supporte; l'assemblage des deux parties du poinçon à la rencontre de l'entrait; l'assemblage de l'arbalétrier et de l'entrait, et les assemblages de l'arbalétrier de l'appentis avec son poinçon et sa contre-fiche, du même arbalètrier avec son tirant.

Le foyer public du théâtre de l'Ambigu-Comique, ainsi que les boutiques attenant à ce théâtre, sont recouverts de combles en fer forgé, dont on trouvera la description dans les traités de ferronnerie déjà anciens.

La ferme du foyer comprend un tirant dont les extrémités renforcées reçoivent au moyen de redans la butée des arbalétriers; les arbalétriers sont droits, mais leur ensemble est renforcé par un arc. Il existe trois poinçons principaux qui relient les arbalétriers, l'arc et le tirant et quatre autres poinçons secondaires qui relient seulement les arbalètriers et l'arc; l'assemblage des abouts des arbalétriers et de l'arc avec le tirant est solidement maintenu par une frette en fer.

La ferme des boutiques est moins compliquée; les arbalètriers n'existent qu'au sommet et viennent s'assembler sur l'arc; au-dessous de l'assemblage c'est l'arc qui sert d'arbalétrier. Le lecteur reproduira facilement les divers assemblages d'après l'exemple précédent.

Nous ne donnerons pas d'autres exemples de combles en fer forgé; ils ont presque disparu aujourd'hui, et ce qui précède suffit à en faire comprendre la disposition.

3° **Combles en fer laminé, tôle et fers spéciaux.** — C'est le type de ferme à la Polonceau que l'on rencontre presque partout dans ces combles. La ferme à la Polonceau a été décrite à la page 76 de notre *Traité des ponts en charpente;* nous avons donné les calculs qui permettent de calculer les dimensions des diverses pièces qui la composent et nous ne reviendrons pas sur ce point, nous bornant au côté purement descriptif.

Marché du Château-d'Eau. — La couverture du marché du Château-d'Eau est supportée par des fermes à la Polonceau de 34m,85 d'ouverture, représentées dans tous leurs détails par les figures de la planche XIX.

Les arbalétriers de ces fermes sont des poutres en treillis de 0m,55 de hauteur; les barres du treillis ont 65 millimètres de large sur 10 d'épaisseur; les semelles du double T ont 0m,20 sur 0m,010 et les cornières sont de $\frac{80,80}{11}$.

Les tirants en fer rond de 30 millimètres de diamètre sont reliés aux extré-

mités des arbalétriers, au moyen de fourchettes en fer forgé, boulonnées sur des armatures en fonte.

On remarquera que les bielles sont formées de quatre cornières rivées ensemble, de manière à donner une section en croix ; on a arrondi longitudinalement les ailes saillantes, afin d'obtenir une forme d'égale résistance. Il eût été plus simple de recourir à des bielles en fonte, puisque ces pièces travaillent à la compression.

La figure 3 donne la composition d'une panne; c'est aussi une poutre en treillis.

Les pannes sont espacées entre elles de 3m,13.

Les fermes principales sont espacées de 8m,59 d'axe en axe.

Des balustres en fonte placées verticalement à l'aplomb des pannes supérieures de chaque côté du faîtage supportent le vitrage de la lanterne ; le reste de la couverture est en zinc.

On a pris la précaution, indispensable à observer, de cintrer les arbalétriers avant la pose; s'ils étaient droits au moment de la pose, comme ils fléchissent sous la charge, ils ne tarderaient pas à devenir concaves, ce qui produirait un effet des plus disgracieux. Il est bon de donner une flèche d'au moins un demi centimètre par mètre de longueur de l'arbalétrier.

Le marché du Château-d'Eau, avec ses sept fermes intermédiaires et sa ferme de tête vitrée a absorbé 109,000 kilogrammes de fer, qui ont été payés à M. Joly, d'Argenteuil, à raison de 0f,90 le kilogramme, mis en place.

Fermes de la nouvelle gare d'Orléans. — M. l'ingénieur Sévène a décrit dans les *Annales des ponts et chaussées* de 1871, la nouvelle gare du chemin de fer d'Orléans, à Paris. Nous lui empruntons les figures 2 à 10 de la planche XX, représentant les fermes de la halle qui recouvre les voies de départ et d'arrivée.

« La largeur qui sépare les bâtiments de départ et d'arrivée est de 51m,50 ; elle est occupée par huit voies et deux trottoirs. Un comble d'une seule portée couvre tout l'espace compris entre les deux bâtiments et se prolonge à 100 mètres au delà, jusqu'à l'extrémité des halles des messageries, pour abriter le matériel remisé sur les voies intermédiaires.

Par ses vastes dimensions et surtout par sa portée exceptionnelle, ce comble est une des parties de l'édifice qui attirent le plus l'attention du public.

La longueur totale de la halle est de 280 mètres; sa portée est de 51m,50. Les fermes, espacées de 10 mètres en 10 mètres, sont composées d'arbalétriers à croisillons en fer plat et cornières, soutenus et reliés par des bielles en fonte et des tirants en fer, d'après le système de triangulation connu sous le nom de système polonceau.

Des consoles en fonte découpée, reposant sur les maçonneries, reçoivent et soutiennent les extrémités des arbalétriers.

Les pannes qui relient les fermes entre elles sont faites à croisillons comme les arbalétriers. Leur table inférieure est cintrée en arc de cercle, de telle sorte que la panne a moins de hauteur en son milieu qu'à sa jonction avec l'arbalétrier. Cette forme de panne offre moins de sécheresse à l'œil que la forme rectiligne; elle a en outre l'avantage d'augmenter la rigidité de la panne et de contreventer plus fortement l'arbalétrier qui se trouve embrassé dans toute sa hauteur.

Le poids du comble métallique, y compris les fermes de tête, est de 1,300,000 kilogrammes. Toutes les dimensions des fers ont été calculées de ma-

nière qu'en aucun point, même dans les tirants, le travail du métal ne dépasse la limite de 6 kilogrammes par millimètre carré. »

Fermes du palais de l'Industrie à Paris. — Le palais de l'Industrie, construit pour l'exposition de 1855, comprend une nef de 48 mètres d'ouverture, flanquée de deux bas côtés de 24 mètres d'ouverture.

La couverture est soutenue par des fermes en plein-cintre de 2 mètres de hauteur, espacées de 10 mètres d'axe en axe.

La composition de ces fermes est la même pour les deux ouvertures; la figure 4 de la planche XI, représente un panneau d'une petite ferme; ce panneau comprend un arc d'intrados et un arc d'extrados reliés par des croix de saint André et par des montants normaux. On voit que le système de construction est des plus simples et se comprend à première vue. Les fermes sont entretoisées par des pannes ou poutres en treillis de $0^m,50$ de hauteur et par des tringles extérieures.

La couverture des nefs est faite de glaces ayant $0^m,90$ de long, $0^m,50$ de large et 4 millimètres d'épaisseur.

Poids des fermes principales : 9,000 kilogrammes chacune.

Fermes diverses du palais de l'Exposition de 1867. — Tout le monde connaît la disposition générale du palais construit au Champ de Mars pour l'Exposition universelle de 1867. On avait adopté pour ce palais, qui abritait une superficie de 15 hectares, une forme elliptique en plan.

Il comprenait une série de galeries elliptiques concentriques; à l'extérieur, un promenoir couvert de 17 mètres de large, puis la galerie des machines de 35 mètres d'ouverture, ensuite six galeries d'ouverture variable, savoir : une de $8^m,50$, une de 9 mètres, une de 14 mètres, une de 15 mètres et deux de 23 mètres ; trois de ces galeries sont couvertes par des fermes à la polonceau, les autres par des poutres droites ayant la forme de solides d'égale résistance, la galerie des machines montre des fermes en arc circulaire soutenues par des colonnes ou piliers en fer. A l'intérieur de l'édifice, on trouvait un jardin elliptique entouré d'une marquise.

A chaque galerie annulaire correspondait une classe d'objets, et à chaque secteur correspondait un pays, de sorte qu'on pouvait facilement visiter toute l'exposition d'un pays ou toute l'exposition d'une classe, en suivant soit les chemins dirigés suivant les rayons, soit les chemins dirigés suivant les ellipses concentriques.

1° *Grande galerie des machines.* — La grande galerie des machines, représentée par les figures 1 à 10 de la planche XXI, a 35 mètres de large et 25 mètres de hauteur sous clef. Les fermes sont espacées entre elles de 15 mètres d'axe en axe; ces fermes se composent d'un arc en tôle de $0^m,80$ de hauteur, dont le rayon d'intrados est de $25^m,68$, ce qui correspond à une flèche de 6 mètres pour une ouverture de 33 mètres.

La naissance des arcs est à $19^m,15$ au-dessus du sol, et ces arcs sont soutenus par des piliers en fer; il fallait s'opposer à la poussée horizontale et protéger ces arcs contre le renversement. A cet effet, ils sont solidement encastrés dans la maçonnerie de fondation, et les sommets des deux piliers d'une même ferme sont reliés par des tirants en fer rond ; la poussée de la ferme n'est donc pas détruite juste au point où elle se produit ; elle agit sur le pilier vertical, comme le ferait un poids isolé sur une poutre horizontale, et ce pilier tend à se renfler vers l'extérieur. Pour économiser le métal, on lui a donné une forme d'égale résistance, c'est-à-dire que sa largeur dans le sens de la ferme va en diminuant

depuis la naissance de l'arc jusqu'au sommet d'une part, et jusqu'au sol de l'autre. Par ce moyen, on a pu accroître la largeur libre à la base.

Comme le montre la figure 4, les arcs sont jumeaux et leur section transversale est celle d'un caisson, limité à deux parois en double T; ces parois sont contreventées en face des pannes et dans les parties intermédiaires, fig. 4 et 5.

L'entretoisement des fermes est obtenu par la poutre de faîtage, par dix cours de pannes espacées de 3 mètres, et par deux sablières formant chéneaux.

Les fermes supportent une couverture en tôle ondulée, figure 5, et la galerie est éclairée par des verrières latérales, prenant jour sur le jardin.

Pour donner de la rigidité à l'ensemble et surtout pour dissimuler le tirant extérieur, l'arc et le pilier du côté du jardin étaient réunis par des arceaux légers en tôle, indiqués sur l'élévation générale.

Les figures 6 à 10 montrent à diverses hauteurs la section des piliers qui affectent la forme rectangnlaire.

2° *Galeries des arts libéraux et du mobilier.* — Les figures de la planche XXII réprésentent les galeries des arts libéraux et du mobilier; il y a des fermes de trois espèces, savoir: fermes en appentis de 6 mètres d'ouverture, fermes à la polonceau de 25 mètres d'ouverture et poutres cintrées en tôle de 5 mètres de portée.

L'appentis recouvrait la galerie des arts libéraux; cet appentis s'appuie d'un côté sur un mur de $0^m,50$ d'épaisseur, de l'autre sur une file de colonnes en fonte, espacées de $7^m,50$ d'axe en axe.

La composition de la ferme à la polonceau se comprend d'elle-même. Les eaux des deux grandes fermes voisines s'écoulaient sur les vitrages de la petite galerie de 5 mètres d'ouverture. Ces vitrages, inclinés en sens contraire, amenaient les eaux dans un chéneau central, sorte d'auge rectangulaire communiquant avec les colonnes creuses et les égouts par des tuyaux latéraux cachés à l'intérieur des poutres cintrées qui sont des poutres en caisson à âmes pleines.

Les bielles des grandes fermes à la polonceau sont en fonte, ainsi que les corniches de support de la base des arbalétriers, et les bielles supportant la lanterne. Les tirants sont en fer rond.

Les lanternes, qui servent à la ventilation, sont garnies latéralement de persiennes en tôle.

3° *Galeries des Beaux-Arts et marquise intérieure.* — Les figures 1 à 11 de la planche XXIII représentent les fermes des galeries des Beaux-Arts et de la marquise qui abritait le pourtour du jardin intérieur.

Les fermes de la galerie des Beaux-Arts ont quinze mètres d'ouverture; elles se composent d'arbalétriers en fer à double T, soutenus en leur milieu par des bielles en fonte, dont l'extrémité inférieure est reliée par des tirants en fer rond aux deux sommets de l'arbalétrier correspondant. Les sommets inférieurs des deux bielles sont réunis par un tirant, à la flexion duquel s'oppose un poinçon ou aiguille pendante.

On remarquera que lepied de l'arbalétrier est reçu dans un sabot en fonte; c'est ce sabot qui reçoit tous les assemblages des pièces concourantes, fig. 2, 3, 4.

Au sommet de la ferme, les fourchettes des contrefiches s'assemblent aussi sur des plaques de fonte, boulonnées comme des moises sur l'âme des double T qui composent lés arbalétriers, fig. 6 et 7.

A côté de la galerie des Beaux-Arts on trouvait la galerie de l'histoire du travail, de $8^m,50$ d'ouverture.

Arbalétriers en double T laminé, tirant composé de deux fers cornières accolés, poinçon s'opposant à la flexion du tirant.

Les figures 9 à 11 représentent la marquise intérieure dont la portée totale est de dix mètres, y compris un porte-à-faux de 1 mètre; les colonnes en fonte qui la supportent sont alternativement espacées de 4m,585 et de 9m,185 d'axe en axe. L'ossature comprend : les poutres transversales en double T composé à section variable, un entablement en tôle à jour à l'aplomb des colonnes, avec frontons en arc de distance en distance; une corniche en bois fixée à l'extrémité des poutres transversales; la toiture en zinc, inclinée vers le mur du fond, conduit les eaux dans un chéneau ménagé le long du mur.

Nous donnerons, pour terminer, la coupe en travers de la marquise extérieure; cette marquise est surtout remarquable par ses supports en tôle et cornières et par ses poutres composées affectant un profil d'égale résistance, fig. 11 à 14 pl. XXI.

Marquises pour chemins de fer. — Il n'est point difficile de composer avec des fers à simple et à double T et avec des colonnes en fonte des marquises d'une portée suffisante pour abriter les quais des gares de chemins de fer. Lorsque la portée n'est pas trop considérable, on adopte une pente continue; les eaux pluviales s'écoulent à l'extérieur, ou mieux, sont recueillies par un chéneau qui les conduit dans des colonnes creuses.

Lorsque la portée est considérable, on prolonge la marquise en saillie au delà des colonnes; pour ménager la hauteur et la lumière, pour amener en outre toutes les eaux dans le plan des colonnes, on adopte un système à deux pentes inverses comme celui de la figure 5 planche XI.

C'est la coupe en travers de la marquise construite par M. l'ingénieur Marin pour le chemin de fer de Ceinture. Les figures de détail en font comprendre la disposition : les fermes sont composées d'un fer à double T, convenablement courbé à l'aplomb des colonnes en fonte; ce fer à double T est assemblé avec d'autres plus petits qui servent de pannes, et qui marquent les bords horizontaux du vitrage central. Le double T transversal s'appuie au sommet des colonnes creuses, au chapiteau desquelles il est rattaché à l'intérieur et à l'extérieur par des consoles en fer semi-forgé ; des poutres en treillis rejoignent les colonnes successives et sont comme un faux-entablement. On voit sur la figure 6 l'agencement du chéneau et des colonnes creuses; celles-ci conduisent jusqu'à l'égout les eaux pluviales. Le scellement de l'arbalétrier dans le mur de fond est de 0m,20; on fera bien de renforcer ce scellement par une chaîne ou une ancre de petite dimension.

Les colonnes en fonte et par suite les fermes transversales sont espacées de 5 mètres d'axe en axe; on a donc tous les éléments de la construction.

La partie non vitrée est couverte en zinc posé sur des voliges et ces voliges en sapin, qui restent apparentes par dessous sont posées à 45° sur les arbalétriers, c'est-à-dire en feuilles de fougère.

L'arête extérieure de la marquise est marquée par une sorte de corniche ou lambrequin en zinc ou en bois, ou en tôle étampée. On en trouvera les détails dans les nouvelles *Annales de la construction.*

Le prix de revient est de 35 francs par mètre courant.

Combles en tôle ondulée de la gare de l'Ouest. Calcul de la résistance de la tôle ondulée. — Il y a déjà longtemps que les tôles ondulées ont été appliquées pour la première fois à la couverture des édifices et notamment des hangars et halles de chemins de fer. Depuis, on les a accueillies avec faveur dans la composition des planchers et des tabliers de pont.

Les figures 1 à 7 de la planche XVIII représentent d'anciens combles en tôle ondulée construits pour le chemin de fer de l'Ouest (gare à marchandises de Paris). La tôle ondulée a l'avantage de réaliser à la fois la couverture et la ferme ; elle supporte son propre poids et les surcharges accidentelles. Pour le calcul, on peut assimiler chaque ondulation double, (figure 7, à un fer à double T ayant des semelles d'une largeur égale à la demi-longueur horizontale de l'ondulation et une épaisseur égale à celle de la tôle avec une âme ayant la hauteur de l'ondulation et une épaisseur double de celle de la tôle.

Le solide fictif ainsi composé doit être capable de résister à la charge fixe et accidentelle qui correspond à une ondulation complète.

Les feuilles de tôle s'assemblent à recouvrement au moyen de rivets de sept à huit millimètres de diamètre ; on les réunit par bandes plus ou moins larges sur un cintre établi sur le sol, on les élève au moyen de grues et on les met en place sur les colonnes au moyen d'un cintre léger.

Les figures 1 et 2 montrent comment la tôle ondulée est supportée par une poutre en fonte servant d'entablement à des colonnes également en fonte, espacées de 10 mètres d'axe en axe ; l'entablement en fonte sert en même temps de chéneau.

Aujourd'hui, il va sans dire qu'on n'adopterait point la fonte, mais la tôle pour constituer cet entablement.

Les colonnes opposées sont réunies par des tirants en fer rond qui détruisent la poussée horizontale.

Il faut remarquer que la présence de ces tirants n'est pas indispensable et qu'on pourrait les supprimer pour de petites couvertures ; en ne fixant point les extrémités inférieures de la tôle et laissant un libre jeu à la déformation, les réactions intérieures se mettraient en équilibre avec les charges à supporter. Dans certains cas on pourrait craindre un aplatissement trop considérable de la tôle ondulée et il vaut mieux recourir au tirant.

L'ouverture du comble est de 11 mètres, une travée de 10 mètres a absorbé 2,430 kilogrammes de tôle ondulée et 260 kilogrammes de fer pour cornières, tirants, fers à vitrage, etc.

Fermes en fer pour maisons ordinaires. — Les types précédents légèrement modifiés peuvent s'appliquer aux fermes des maisons ordinaires ; on pourra souvent, vu la faible portée, se contenter des arbalétriers en double T, solidement assemblés entre eux à leur sommet et pénétrant par leur pied dans un sabot en fonte qui reçoit également la fourchette d'un tirant en fer.

L'entretoisement des fermes s'obtiendra au moyen de pannes en double ou en simple T et de croix de Saint-André, posés suivant le plan de la toiture, au-dessus ou au-dessous des arbalétriers.

L'espace compris entre les arbalétriers et le tirant reste ainsi absolument vide et c'est un grand avantage au point de vue de la commodité des greniers.

S'il s'agit des combles brisés, des combles à la Mansard, des arcs de cloître, des voûtes d'arêtes, des ogives, rien ne sera plus facile que de créer avec des tôles planes et des cornières un arbalétrier en double T ayant le profil voulu ; la poussée horizontale de cet arbalétrier, arc ou ferme, sera détruite par la résistance du mur de support, et mieux par un tirant logé dans le plancher inférieur ; dans le cas d'un comble brisé, on s'arrangera pour établir au niveau de la brisure un second tirant ou entrait.

Bien des édifices récents possèdent des combles en fer conçus dans le sens

que nous venons de dire; avec tous les exemples que nous avons donnés, on en composera facilement de pareils.

ÉTAT ACTUEL DE LA FERRONNERIE.

La production et le travail du fer ont pris depuis un demi-siècle un essort inouï; la ferronnerie se perfectionne tous les jours. Eu égard à l'importance du sujet, nous avons cru devoir reproduire ici les principaux extraits des rapports rédigés par M. Viollet-Leduc, membre du jury de l'exposition universelle de 1867.

Serrurerie appliquée aux bâtiments. — § 1er. *Grandes pièces.* La serrurerie en grandes pièces a décidément remplacé la charpente dans les édifices publics et, en France, dans la plupart des constructions privées. Je dirai quelques mots des procédés employés sur les chantiers pour mettre ces pièces en œuvre. A cet égard, il est encore des perfectionnements à introduire; les petites forges mobiles françaises sont notoirement insuffisantes et la manœuvre des fers au moment où on les emploie laisse beaucoup à désirer chez nous, tandis que les forges mobiles anglaises sont remarquablement montées. Il résulte de l'imperfection des engins des chantiers en France, que les pièces de fer qu'il faut retoucher au moment de la pose sont souvent défectueuses. Ce n'est que dans les chantiers de grands travaux de ferronnerie que l'on organise des forges et engins convenables; dans les constructions privées ces détails essentiels sont négligés. Nous croyons nécessaire d'attirer l'attention des serruriers constructeurs sur ce point important.

Les pièces d'assemblages à faire au moment de la pose, le travail nécessaire pour compléter le montage, manquent de cette puissance et de cette sûreté de moyens que nous trouvons dans les ateliers fixes. Plus la grande ferronnerie perfectionnera ses produits, mieux elle se rendra compte des forces exactes des matériaux employés, et moins elle devra se contenter d'*à peu près*.

Il faut songer définitivement à laisser de côté les vieux engins et ne plus considérer la main de l'homme dans les travaux de bâtiment, que comme une transmission de l'intelligence à des forces automatiques auxquelles doivent être dévolus la puissance brutale et le labeur matériel. Les forces mécaniques sont seules pourvues de l'énergie propre à façonner les fers que l'on emploie dans les constructions aujourd'hui avec précision, économie et rapidité; c'est donc à elles qu'il convient de recourir en ne considérant plus la main de l'ouvrier que comme l'agent intellectuel dirigeant, non comme une force matérielle, car celle-ci est évidemment insuffisante. Ce sont là des questions de frais d'établissement devant lesquels reculent encore parfois nos industriels du bâtiment. Les rabais excessifs dans les adjudications les obligent à économiser sur ces frais, et au total, ni eux, ni le travail, ni les ouvriers ne gagnent à l'ajournement des moyens mécaniques nécessaires aussi bien sur les chantiers que dans les ateliers.

§ 2. *Progrès récents de la ferronnerie.* Ce n'est pas l'intelligence de ces moyens qui fait défaut. On pourrait en fournir plus d'une preuve. Peut-être même est-ce la facilité avec laquelle, en France, l'ouvrier sait *se débrouiller* (pour nous servir d'une expression de chantier) que l'on doit d'ajourner trop longtemps l'organisation des travaux de serrurerie sur le tas comme dans l'atelier.

Il faut cependant reconnaître que nos constructions de ferronneries françaises ont une supériorité marquée sur les ouvrages analogues exécutés en Angleterre. En principe, les constructeurs français ont presque entièrement renoncé aux fontes de fer dans la construction des combles et planchers, tandis que, en Angleterre, malgré des sinistres très-graves, on continue à se servir des fontes pour ces sortes d'ouvrages. Nous n'employons plus les fontes que comme supports résistants, comme revêtements, comme poinçons parfois, mais les tôles avec cornières et les fers à T ont, chez nous, remplacé la fonte, aussi bien dans les bâtiments que dans les entreprises du génie civil.

A peine si, en 1855, on employait les tôles dans les constructions, en France, tandis que l'Angleterre les utilisait déjà ; mais, depuis lors, les progrès ont été très-rapides de ce côté-ci de la Manche, tandis que la fabrication anglaise est restée presque stationnaire. Peut-être doit-on ce développement au nombre prodigieux d'édifices qui ont été élevés sur toute la surface de la France depuis douze ans, et principalement à la construction des marchés publics et des grandes gares dans la plupart des centres populeux. N'oublions pas, cependant, que les premiers ouvrages de ferronnerie forgée appliqués aux bâtiments civils ont été exécutés en France vers la fin du dernier siècle[1], et que nous avons eu dans tous les temps une aptitude particulière pour les ouvrages de fer façonnés au marteau.

Nos planchers en fers à T pour toutes les habitations présentent des avantages considérables : légèreté, faible épaisseur (ce qui est important dans les villes où la hauteur des habitations est fixée), chances d'incendie supprimées, salubrité et solidité. Si la sonorité des planchers en fer est encore un de ces inconvénients auxquels il est indispensable d'apporter un remède efficace, plusieurs exposants français ont essayé de résoudre le problème, et, s'ils n'y sont pas parvenus d'une manière absolue, au moins sont-ils sur la voie. Les entrevous cellulaires en plâtre, ceux en poteries creuses chevauchées ou en briques de ciments avec des vides, sont déjà préférables aux entrevous ordinaires en plâtras et plâtre coulé.

Les nouveaux procédés ont encore l'avantage d'éviter la poussée et de permettre d'économiser les entretoises et les fantons entre les solives en fer à T.

Les ateliers de serruriers français sont généralement montés de telle sorte qu'ils peuvent aujourd'hui façonner de grandes pièces en tôle avec cornières rivées à des prix abordables.

Les Halles centrales, tous les marchés publics dernièrement installés à Paris, le bâtiment même du Champ de Mars en fournissent la preuve. Il faut constater aussi l'intelligence rare des chefs de ces ateliers ; ils savent introduire, sur les projets remis entre leurs mains, des perfectionnements dans les détails de l'exécution, qui montrent combien la pratique de ces grands travaux leur est devenue familière, combien ils se préoccupent de trouver les moyens d'économiser la matière tout en conservant une solidité complète.

§ 3. *Tôles embouties.* Nous croyons utile d'appeler l'attention de nos constructeurs sur l'emploi des tôles embouties pour planchers, système adopté avec succès en Angleterre, notamment par M. Robert-Mallet, qui a envoyé quelques échantillons de ses produits au palais du Champ de Mars.

On peut évidemment tirer un parti excellent de ce système pour les voûtes de grandes salles et même pour des planchers. C'est un moyen de ne pas dissimuler

[1] Le comble du Théâtre-Français a été exécuté en fer forgé, sous la direction de l'architecte Louis (1786-1790).

la structure du fer et qui permet d'entrer dans la voie de l'emploi décoratif de cette matière. Nous ne pouvons admettre, en effet, que le fer doive être dissimulé dans les constructions de quelque importance par des revêtements de plâtre de stuc ou de bois. Le fer, dont l'emploi devient de plus en plus fréquent, adoptera des formes qui seront l'expression de ses qualités. On doit chercher ces formes convenables et les trouver, en laissant de côté les apparences traditionnelles données à des matières d'une nature différente, et on ne saurait admettre que le fer ne puisse montrer les formes qui lui conviennent que dans des gares ou des hangars.

Les Anglais ont essayé, pour la fonte, de trouver des formes d'art en rapport avec les qualités du métal : leurs essais ont été parfois heureux ; or, le fer forgé doit aussi manifester ses qualités par des formes en rapport avec elles. C'est à nos ingénieurs et à nos architectes d'ailleurs que ces observations pourraient être adressées, car les ateliers sont aujourd'hui en état de fournir une exécution assez belle pour qu'il n'y ait pas lieu d'en dissimuler les détails, du moment que ces détails auront été habilement composés.

§ 4. *Fonte de fer*. Bien que la fonte de fer donne aujourd'hui des produits d'une pureté remarquable, on ne saurait admettre que cette matière soit destinée à simuler les formes qu'affectent la pierre, le bois ou même le plomb repoussé.

On eût désiré voir à l'Exposition des détails de construction en fonte de fer qui auraient présenté des formes propres à la nature du métal ; les lucarnes de comble qui sont exposées par exemple, dans la section française, semblent moulées sur des lucarnes en bois ou même en pierre. Indépendamment des qualités et perfections de la fonte, ce serait, semble-t-il, à trouver ces formes que les industriels devraient tendre aujourd'hui. Sous ce rapport, les produits d'Angleterre et de Prusse sont plus près des règles du vrai, dont on ne saurait s'éloigner sans tomber dans les plus étranges abus.

Serrurerie décorative. — La serrurerie décorative forgée a été perfectionnée d'une manière remarquable depuis les dernières expositions et les produits français présentent en ce genre une nombreuse et intéressante série d'objets. L'emploi presque exclusif de la fonte de fer pour les grilles, balcons, les rampes d'escaliers, de 1825 à 1845, avait fait abandonner par les serruriers les ouvrages de forge ; dans les grandes villes on ne trouvait plus de forgerons que parmi les maréchaux ferrants.

Deux causes ont fait revivre cette belle industrie des fers forgés, si florissante autrefois : la fabrication des machines et les études faites sur les industries anciennes.

L'exposition rétrospective, si judicieusement installée au cœur du palais du Champ de Mars et si fort appréciée du public, fait assez connaître qu'il serait malséant de reléguer parmi les esprits rétrogrades les artistes ou industriels qui se sont voués à l'étude des anciennes fabrications d'objets propres aux bâtiments.

La plupart de ceux qui voudraient faire prendre le change à l'opinion publique à cet égard, trouvant bon d'employer les produits de ces industries renouvelées, il convient, nous semble-t-il, à l'occasion de l'Exposition universelle et en présence des produits des industries anciennes, de rendre justice : 1° à ceux qui par leurs études, par un labeur aride, ont provoqué cette renaissance d'arts abandonnés et si injustement dédaignés ; 2° aux industriels intelligents qui, à travers mille obstacles suscités par la routine et aussi par l'ignorance dédai-

gneuse, n'ont pas reculé devant les efforts et les sacrifices que leur imposait l'application pratique de ces études.

Les industries de la plomberie repoussée, des cuivres martelés, des vitraux colorés, des terres cuites émaillées, de la peinture murale, de la ferronnerie forgée, se sont relevées sous l'inspiration de ces premières recherches ; les industriels le savent et ne nous démentiront pas. En Allemagne et en Angleterre, on n'avait jamais cessé complétement de pratiquer ces diverses branches de l'industrie du bâtiment; mais, en France, il y a 25 ans, elles étaient encore entièrement oubliées. Grâce à l'initiative de quelques industriels auxquels cependant les causes de découragement n'ont pas manqué, grâce aussi à la souplesse de nos ouvriers et à l'ardeur qu'ils apportent dans les travaux où l'intelligence a une large part, nous avons bien vite égalé, surpassé nos voisins.

Parmi ces industries, celle qui demandait peut être les efforts les plus persistants, un matériel plus considérable, des sacrifices plus étendus, est certainement l'industrie de la ferronnerie forgée. Arriver à traiter ce métal si peu maniable, si capricieux souvent, le fer, comme on traiterait une pâte souple, facile à souder, n'est pas un métier qui s'apprend en quelques jours. Il fallait donc d'abord trouver des ouvriers de bonne volonté et en faire des forgerons ; chose d'autant moins aisée que, pour être bon forgeron, il faut, outre une longue pratique, une aptitude naturelle à laquelle l'expérience seule ne saurait suppléer. En 1845, il n'y avait à Paris que deux maîtres serruriers capables de forger des pentures étampées, des rinceaux de grilles ; aujourd'hui nous en compterions une centaine en France dont les produits rivalisent avec ce qui se fait en Angleterre et en Hanovre, où l'on travaille fort bien le fer au marteau.

Il est juste de signaler, entre les serruriers qui ont fait les premiers efforts pour remettre en honneur la serrurerie forgée, M. Boulanger. Son exemple fut bientôt suivi et le palais ainsi que le jardin du Champ de Mars montrent des objets très-remarquables en ce genre. Nous devons distinguer toutefois la serrurerie avec nombreux assemblages et travail à la lime, bien que forgée, de celle qui est franchement de forge, avec soudure des fers. Cette dernière a toujours sur l'autre un avantage considérable au point de vue de la solidité et même de l'aspect. Il est vrai que, pour obtenir de la serrurerie de forge dans des conditions convenables, il est nécessaire que l'artiste qui compose le dessin connaisse les procédés de fabrication ; trop souvent les serruriers ont à exécuter des objets qui ne sont nullement composés d'après ces conditions, ce qui les oblige à faire des assemblages goupillés, des entailles à mi-fer, des tenons, là où il faudrait de bonnes soudures.

Il faut accuser de ce défaut non les serruriers mais les artistes qui, tout entiers à leurs conceptions, négligent de s'enquérir des moyens propres à les exécuter. Dans beaucoup de ces ouvrages le travail à la lime prend une trop grande importance. On ne saurait faire ce reproche aux ouvrages de fer forgé. Si parfois ces objets pèchent un peu par le goût, la composition et l'exécution sont toujours celles qui conviennent à la ferronnerie.

Les forces mécaniques modernes aident et aideront puissamment à fabriquer de la ferronnerie forgée à bon marché ; plusieurs industriels ont obtenu déjà des résultats satisfaisants en ce genre et peuvent fournir des balcons, des grilles à des prix qui ne dépassent pas ceux de la fonte, si largement employée encore il y a dix ans.

CHAPITRE V

COUVERTURE

La couverture est la troisième partie constitutive d'une toiture ; les deux premières sont : les fermes et les pannes qui les relient.

La couverture s'oppose à la pénétration des eaux pluviales qu'elle rejette à l'extérieur du bâtiment. Elle doit, en outre, être assez résistante pour résister aux efforts du vent, et pour supporter la neige qui, en certains climats, s'accumule sur de grandes hauteurs.

Les couvertures se sont composées, à l'origine, de matières végétales desséchées : des feuilles, des roseaux, de la paille. Aujourd'hui encore, les couvertures en chaume et en roseau se rencontrent fréquemment.

Ensuite on découvrit certaines roches naturelles, fissiles, se divisant facilement en plaques, comme fait l'ardoise; en posant ces plaques les unes sur les autres à recouvrement, on constitua une toiture.

Les pâtes argileuses, moulées et desséchées soit au soleil, soit au four, servirent à la couverture des édifices mêmes de l'antiquité. L'usage s'en est sans cesse développé et perfectionné. On en est même venu à se servir de plaques artificielles de diverses compositions, des plaques en verre, par exemple, des couvertures en asphalte, en bitume, en carton bitumé.

Les métaux malléables, le plomb, le zinc, le fer, le cuivre, réduits en plaques plus ou moins épaisses, plus ou moins vastes, constituent un dernier système de couverture fort en usage.

Nous examinerons successivement ces divers systèmes.

Inclinaison des toits. — La première question à régler est celle de l'inclinaison à adopter pour les toitures. Cette inclinaison dépend non-seulement du climat, mais aussi de la matière dont se compose la couverture.

L'architecture antique ne s'est guère préoccupée de cette inclinaison. Vitruve donne ordinairement à la hauteur des frontons la neuvième partie de toute la longueur de la plate-bande; mais cette proportion paraît un peu haute, et mieux vaut se conformer à la règle de Serlio : adopter pour la hauteur du fronton l'excès de la diagonale sur le côté d'un carré construit sur la demi-ouverture du fronton. C'est à peu près dans cette proportion qu'on fait les combles en Italie et sous les climats analogues. A mesure qu'on s'élève vers le nord, l'inclinaison de la toiture augmente ; au moyen âge, elle a pris même une forme élancée en rapport avec les aspirations du style gothique, dans lequel les lignes verticales ont une énorme prédominance.

La dépense en charpente et en couverture augmente rapidement avec l'inclinaison : la surface à recouvrir est minima pour une terrasse, elle augmente de moitié lorsque les égouts sont à 45°, et elle double dans le cas d'une toiture

surhaussée à 60°. Le cube du bois de la charpente augmente en même temps, en raison de l'élévation du comble, par la longueur des pièces, le nombre des assemblages et la plus grande force qu'il doit avoir pour résister à l'action des vents.

Rondelet et Quatremère de Quincy déterminaient l'inclinaison de la toiture d'après la latitude du lieu et la nature des matières employées pour la couverture. Sous la zone torride, les toitures étaient en terrasse; au delà de cette zone, l'inclinaison était prise égale à la latitude du lieu, moins 23°28′, qui est celle du tropique, pour les tuiles creuses; on ajoutait 3° à l'inclinaison précédente lorsqu'on se servait de tuiles plates à rebords; on ajoutait 6° pour les ardoises et 8° pour les tuiles plates ordinaires.

Cette règle absolue est inadmissible; elle peut convenir aux conditions moyennes; mais, dans chaque cas, il faut tenir compte des conditions et de la situation spéciales de l'édifice.

L'inclinaison à donner aux toitures dépend moins de la latitude que de la nature même des matériaux.

L'ardoise, naturellement molle et spongieuse, absorbe l'eau et se dessèche mal si elle n'a une inclinaison suffisante. Au contraire, sous une pente rapide, elle se dessèche rapidement après la pluie et durcit à l'air. On trouve dans ce fait une explication naturelle du surhaussement adopté pour les toits de Flandre et de Belgique et de tous les pays où l'usage de l'ardoise est exclusif.

L'ancienne ardoise était de petite dimension, elle offrait donc beaucoup de joints; en outre, à cause de leur surface unie, les ardoises posées à recouvrement exercent sur l'eau une influence capillaire considérable, de sorte que l'humidité remonte toujours entre les ardoises, soit que le vent la pousse, soit que la capillarité l'attire. Cet effet de capillarité est d'autant plus sensible qu'on se sert de matières plus polies; ainsi l'aspiration capillaire se fait très-facilement entre les feuilles de verre posées à recouvrement. Pour ces motifs, les ardoises doivent encore avoir une forte inclinaison.

De là aussi la nécessité d'un recouvrement considérable; les ardoises successives se recouvrent des deux tiers de la longueur, il n'y a donc qu'un tiers d'utile ou de pureau; les ardoises sont posées à un tiers de pureau. En chaque point, il existe trois épaisseurs d'ardoise.

Lorsque le vent vient frapper obliquement une couverture de tuiles ou d'ardoises, on peut remplacer l'effort par deux composantes : l'une, normale, qui n'est guère à craindre; l'autre, remontant la ligne de plus grande pente du versant. Cette dernière prend les ardoises, les tuiles, ou les feuilles de métal en dessous, et tend à les soulever et à les arracher. Cet effet se produit bien souvent pendant les tempêtes, et l'on sait combien facilement se détachent alors les ardoises, matière légère et peu résistante. C'est un motif de plus pour donner aux couvertures en ardoises une grande inclinaison.

Si l'on veut un comble durable en ardoises, il faut lui donner une inclinaison d'au moins 33°, et mieux vaut aller à 45°. Dans la partie haute des combles à la Mansard, on n'a souvent que 22°; des toitures en ardoises aussi peu inclinées exigent un entretien coûteux.

Les tuiles plates sont moins hygrométriques, plus dures, plus lourdes, plus résistantes et moins altérables que les ardoises; elles exigent donc une moindre inclinaison. Cependant, lorsqu'elles sont mal fabriquées, elles présentent du gauche et offrent beaucoup de prise au vent. C'est pourquoi il convient de ne pas leur donner une inclinaison inférieure à 27°.

Les tuiles creuses, avec lesquelles les eaux, se rassemblant dans des rigoles, trouvent un écoulement plus facile en même temps que les joints montants sont protégés par les tuiles renversées qui forment chapeau, les tuiles creuses peuvent recevoir une inclinaison moindre, 18° à 21°, ce qui fait, pour la hauteur d'un comble à deux égouts, $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{6}$ de la largeur. En même temps, si on garnit les joints en mortier, on n'a besoin que d'un recouvrement de 8 à 10 centimètres, et le pureau peut être considérable.

Quant aux couvertures métalliques, lorsque les joints en sont bien protégés, on peut leur donner une inclinaison aussi faible qu'on le voudra, et d'ordinaire on les pose sur terrasse avec l'inclinaison juste suffisante pour déterminer l'écoulement de l'eau pluviale.

Poids des couvertures. — Le poids des couvertures est de :

85 kilogrammes environ par mètre carré pour les tuiles.
28 kilogrammes — — les ardoises.
6k,11 et 7k,64 pour le cuivre laminé n° 20 et n° 25,
5k,95 et 7k,50 pour le zinc laminé n° 14 et n° 16.
7 à 8 kilogrammes pour la tôle.
40 kilogrammes pour le plomb.

La surcharge principale est la neige : le poids d'une certaine couche de neige équivaut à celui d'une tranche d'eau de même surface ayant une hauteur 10 fois moindre. Dans nos climats, une charge de 0m,25 de hauteur de neige est à peu près le maximum ; elle représente un poids de 25 kilogrammes par mètre carré. Dans certains cas, il faudra prévoir une hauteur beaucoup plus considérable.

La composante de la pression du vent, normale à la toiture, atteint quelquefois une valeur énorme. Si on évalue la pression du vent par la dénivellation qu'elle produit dans un siphon rempli d'eau, siphon dont l'une des branches recourbée horizontalement est présentée au vent, on reconnaît que dans certaines tempêtes exceptionnelles, où les arbres sont déracinés, la pression peut atteindre, à Paris, 100 kilogrammes par mètre carré de surface verticale. Il ne faut compter, comme pressant sur la couverture, que la composante normale au toit.

Un vent très-faible, ayant une vitesse d'un mètre par seconde, n'exerce qu'une pression de 0k,814 par mètre carré ; un vent impétueux, d'une vitesse de 20 mètres, exerce une pression de 54 kilogrammes par mètre carré de surface verticale ; et les grands ouragans, dont la vitesse atteint 45 mètres, exercent, d'après Fresnel, une pression de 275 kilogrammes par mètre carré.

Comme surcharge des toits, il faut tenir compte encore du poids des ouvriers qui montent dessus pour les réparer ; afin de se tenir au large, il est bon de prévoir de ce chef 25 kilogrammes de surcharge par mètre carré.

Dans tous les cas, on sera, grâce aux chiffres précédents, fixé sur la valeur de la charge fixe et de la surcharge qu'une ferme pourra être appelée à supporter.

Décoration des toits. — Le lecteur nous saura gré de reproduire ici les lignes que notre maître éminent, M. Reynaud, a consacrées à la décoration des toits :

« Ce titre, dit-il, pourra causer une sorte de surprise à quelques lecteurs, tant il semble admis aujourd'hui que la décoration d'un édifice ne doit pas s'étendre au delà de la corniche du couronnement. Chaque jour, nous voyons les plus

belles façades surmontées de toitures vulgaires, qui sont dépourvues de tout cachet artistique, et que d'informes tuyaux de cheminées viennent découper de la manière la plus désordonnée. Alors que toutes les autres lignes de la construction sont sérieusement méditées par l'architecte, la ligne la plus apparente, celle qui forme le point culminant de l'œuvre et se détache sur le ciel, est abandonnée aux caprices du hasard et des ouvriers. Aussi beaucoup de personnes se sont-elles figuré qu'une toiture était nécessairement quelque chose de laid, et que le meilleur parti à prendre était de la supprimer ou de la dissimuler. On a préconisé les terrasses ou les toits peu inclinés qui peuvent se dissimuler derrière une balustrade ou derrière une attique. Mais la première de ces dispositions ne convient ni à nos usages, ni à notre climat; elle ne doit être adoptée que dans des circonstances exceptionnelles, et si l'on ne peut la repousser d'une manière absolue, au moins peut-on dire qu'il y a, en général, faute à y avoir recours, et par conséquent à la figurer. Une toiture n'est pas, dans nos contrées, un de ces objets accessoires qu'il est permis, non-seulement de reléguer sur un second plan, mais encore de négliger tout à fait. C'est une partie essentielle de nos édifices, et l'art doit s'appliquer, non pas à méconnaître sa valeur, mais à la constater.

En agissant ainsi, il obéira à la fois à ses fins et à ses précédents. Chez aucun des peuples, à aucune des époques où il a été florissant, il n'a repoussé cette condition quand elle s'est présentée. On a vu avec quelle sollicitude étaient décorés les toits des édifices grecs et romains. Ces tuiles de marbre blanc aux formes accentuées et régulières, ces élégantes antefixes formant une sorte de feston sur la corniche et parfois jusque sur le faîtage, ces riches couvertures en bronze doré en totalité ou par parties, ne déparaient certes point l'architecture de l'édifice. C'étaient d'autres formes, parce qu'il y avait d'autres besoins à satisfaire, mais on y retrouvait le même esprit, le même sentiment d'art, le même degré de richesse et de distinction.

Il en a encore été ainsi dans les belles époques du moyen âge. La nature du climat, surtout le caractère de l'architecture qui, reflet fidèle des tendances de la société, semblait ne voir dans la terre qu'un point d'appui pour s'élancer vers le ciel, engagèrent à donner plus d'importance aux toits, en leur attribuant plus de hauteur. On ne trouvait pas alors, dans l'ornementation extérieure des édifices, le luxe des derniers temps de la Grèce et de Rome, mais la toiture ne fut pas négligée. C'étaient des feuilles métalliques régulièrement disposées; c'étaient quelquefois des tuiles colorées et vernissées, distribuées suivant divers dessins; c'étaient surtout des galeries à jour marquant l'origine et le faîtage. Des poinçons s'élevaient-ils au-dessus des croupes, ils étaient nettement marqués, et ils se recouvraient de ces sculptures pittoresques qui étaient dans les goûts de l'époque.

Sans doute, la décoration dont il s'agit ne peut le disputer en importance à celle des parois verticales de nos édifices. Elle n'est pas en position d'être aussi bien appréciée, et elle n'est susceptible, ni de la même finesse dans les détails, ni de la même netteté dans les expressions; la nature de la construction s'y oppose, mais aussi elle ne rencontre pas les mêmes exigences. Il suffit, dans la plupart des circonstances, que la forme générale soit régulière; que de légères saillies ou des couleurs marquent quelques dessins sur la surface; que le chêneau, les arêtiers et le faîtage soient indiqués par une décoration plus ou moins riche; que la toiture, en un mot, porte l'empreinte du goût qui a présidé à la construction. »

Ces préliminaires établis, passons à la description sommaire des divers systèmes de couvertures.

I. — COUVERTURES EN CHAUME.

On fait des couvertures avec diverses substances végétales desséchées, telles que roseaux, fougères, bruyères, etc., mais la plus répandue est la couverture en paille ou chaume. Elle se confectionne avec la paille du blé ou du seigle dont on a enlevé l'épi et la partie haute. La paille de seigle, par sa beauté, sa longueur, sa résistance et sa souplesse, est toujours préférable à la paille de blė; mais celle-ci coûte moins cher et bien souvent on l'emploie.

La figure 9 de la planche XXIV représente, d'après Émy, la couverture ordinaire en chaume. Sur les pannes (*a*) et (*b*) en bois équarri et plus souvent en bois rond, on brandit, c'est-à-dire on fixe par une cheville en bois dur, des chevrons (*c*) formés de jeunes chênes ou de jeunes sapins dépouillés de leur écorce. Aux chevrons on fixe au moyen de harts en osier d'autres bois ronds de plus petite dimension qui servent de pannes. Telle est la carcasse qui supporte le chaume; la paille est réunie en petites bottes ou javelles, et deux javelles (*f*) sont liées ensemble au moyen d'une hart entrelacée, qui contourne la panne. Une rangée horizontale de javelles s'appelle une orgne; les orgnes sont posées à recouvrement des deux tiers de leur longueur; le lien de la javelle est à peu près au tiers de sa hauteur.

La toiture en chaume est inclinée à 45°; l'orgne inférieure est posée sur un coussin horizontal, ou sur un boudin formé de paille serrée dans des liens d'osier; la saillie sur le mur est de $0^m,50$ afin d'en éloigner les eaux pluviales.

Le faîtage s'obtient au moyen de javelles posées à cheval et recouvertes d'un corroi en terre argileuse.

Lorsque la pose est terminée, on peigne la toiture avec un rateau et on coupe toutes les pailles qui dépassent.

S'il existe des parties faibles, on glisse entre les javelles d'autres javelles plus ou moins grosses que l'on introduit en s'aidant d'une palette en bois.

Les couvertures en chaume ont l'immense avantage d'être peu conductrices du calorique : elles donnent des appartements chauds en hiver et frais en été; elles conviennent pour les glacières dont on doit empêcher le rayonnement par tous les moyens possibles. Mais elles offrent bien des inconvénients : le principal est la combustibilité; en outre, elles offrent un asile aux insectes et à la vermine. On les réserve maintenant pour les édifices dans lesquels l'économie est une condition capitale.

Bardeaux. — Les bardeaux sont des feuilles de bois clouées sur des lattes; ce sont des tuiles en bois dont la partie inférieure est d'ordinaire arrondie ou profilée en pointe.

C'est une couverture très-légère et assez durable que l'on rencontre encore sur de vieux édifices, comme des clochers de village.

L'usage tend à en disparaître; on se sert quelquefois comme couverture provisoire de voliges posées à recouvrement; ces voliges en bois blanc ne durent guère. L'ancien bardeau en cœur de chêne posé suivant une inclinaison considérable s'égouttait facilement et durait fort longtemps.

Au lieu de poser les voliges horizontalement, on les place souvent suivant la ligne de plus grande pente du toit; elles sont alors jointives et les joints sont protégés par une latte clouée.

Parmi les couvertures végétales il faut ranger les toiles goudronnées, les feutres et les cartons bitumés dont nous dirons plus loin quelques mots.

II. — COUVERTURES EN TUILES.

Les tuiles ou plaquettes en terre cuite remontent à une haute antiquité; dans ces derniers temps, elles ont reçu des perfectionnements considérables parce qu'on a eu recours au moulage mécanique.

A la page 267 de notre *Traité de l'exécution des travaux* nous avons décrit la fabrication des tuiles. On les obtient à l'aide d'une pâte argileuse dégraissée avec du sable; l'argile doit être choisie avec soin et le corroyage doit être beaucoup plus complet que pour la brique. On donne à la tuile une teinte grise en l'enfumant au moyen de bois verts que l'on place sur la grille du four à la fin de la cuisson.

Les tuiles vernissées qu'on employait fréquemment autrefois recevaient une couverte plombeuse; on les plongeait avant la cuisson dans un mélange de 20 parties d'alquifoux (plomb sulfuré) et 3 parties de peroxyde de manganèse, le tout pulvérisé, puis délayé dans l'eau avec de l'argile de manière à former une bouillie épaisse.

Le choix des terres entre pour beaucoup dans la qualité des tuiles; on en trouve encore dans les constructions de Paris qui datent de 150 ou 200 ans. Lorsque la pâte contient des fragments de pierre calcaire, celle-ci se change en chaux par la cuisson, la tuile placée à l'air s'exfolie et se fend. Il y a des tuiles poreuses qui absorbent l'humidité et éclatent à la gelée; elles se laissent aussi attaquer par les mousses et les végétations. Une bonne tuile doit être lisse, compacte et sonore; la tuile vitrifiée donne de bons résultats. La tuile des Romains dut sa célébrité au choix des terres, mais aussi à la vitrification.

De nos jours, c'est la tuile de Bourgogne qui a le plus de célébrité; on vante aussi celle de Marseille qui durcit à l'air.

Tuiles plates. — Les anciennes tuiles plates à crochet, qui tendent à disparaître, sont de deux modèles : le grand et le petit moule.

Elles portent un talon à leur extrémité pour les accrocher sur des lattes en chêne clouées sur les chevrons; l'espacement des lattes est du tiers de la longueur de la tuile. Celle-ci est donc posée à un tiers de pureau, c'est-à-dire qu'en chaque point il y a trois épaisseurs de tuiles.

Cette couverture est très-pesante et de plus elle n'est pas solide; la tuile, fixée par un simple crochet, se détache fréquemment et peut causer des accidents. Enfin, comme le moulage n'est pas parfait et que la cuisson déforme la tuile, les joints livrent passage à l'humidité et la couverture n'est pas étanche. Les lattes et chevrons pourrissent rapidement.

Les figures 12 et 13 de la planche XXV représentent la couverture en tuiles plates; sur les chevrons *b* sont clouées les lattes qui reçoivent les tuiles par leur crochet convenablement recourbé.

Les lattes en chêne de $1^{m},30$ de longueur reposent sur quatre chevrons; ces

vers le haut (coupe *ab*) et de l'autre côté un rebord inverse avec agrafe supérieure s'emboîtant dans l'agrafe inférieure de la tuile voisine. En haut, la tuile présente deux crochets qui servent à la fixer sur une latte comme la tuile ordinaire; en bas, la tuile présente en son milieu une saillie qui couvre le joint de deux tuiles du rang inférieur, sur le reste de la tranche il n'y a point de rebords et l'eau pluviale s'écoule facilement comme par deux petites gouttières.

Ce système est parfaitement disposé pour recueillir les eaux, pour empêcher qu'elles remontent à travers les joints et pour briser les efforts du vent. Le recouvrement de deux rangées successives n'est que de 5 centimètres.

Ainsi pour le modèle représenté de $0^m,38$ sur $0^m,23$, la surface couverte est de $0^m,33$ sur $0^m,20$. Le poids d'une tuile sèche est de $2^m,545$ et celui d'une tuile qui a reçu la pluie pendant un quart d'heure 3 kilogrammes. Il y a par mètre carré 15 tuiles 15 centièmes et 3 lattes 5 centièmes, ce qui fait un poids de 40 à 45 kilogrammes suivant que les tuiles sont sèches et mouillées. Ces tuiles se vendent 125 francs le mille; il faut à peine une heure de couvreur pour la pose d'un mètre carré de couverture.

On ne peut guère avec ces tuiles avoir une pente inférieure à 30°.

Tuile Müller. — La tuile Müller, fabriquée à Ivry, diffère peu de la tuile Gilardoni; l'agrafe est plus compliquée, il y a deux saillies de la tuile inférieure qui pénètrent dans le rebord de la tuile inférieure. On peut, avec ces tuiles, réaliser une économie de presque moitié sur la tuile ordinaire et le poids est bien moindre, comme nous venons de le voir tout à l'heure.

En comptant les lattes à $0^f,10$ le mètre courant et la pose d'un mètre carré de tuiles à $0^f,60$, connaissant en outre le prix du mille de tuiles, on arrive facilement à trouver le prix du mètre carré, qui sera par exemple de $3^f,50$ à 4 francs pour la tuile Gilardoni.

Tuile Montchanin. — L'usine de Montchanin (Avril et Cie) fabrique les tuiles représentées par les figures 1 et 2, planche XXV, qui sont à côtes ou à losanges et qui se posent sur des lattes; c'est le système Gilardoni plus ou moins modifié.

Il faut des demi-tuiles pour terminer sur les rives les lignes horizontales; on fait des tuiles faîtières, des tuiles de rive, des chatières d'aérage, de grandes tuiles pour châssis vitré, etc.; tout cela est moulé et fabriqué avec grand soin. Il suffit du reste d'adresser une demande au fabricant pour avoir l'album qui renferme tous ses modèles avec le prix. C'est pourquoi nous ne donnerons pas les dessins des diverses pièces qui entrent dans la composition des couvertures.

Tuiles Josson. — Les tuiles Josson, planche XXIV, figure 14, ne diffèrent guère des précédentes que par la forme; ce sont des losanges irréguliers, qui, à leur sommet s'accrochent sur des lattes, et dont les deux côtés supérieurs ont des rebords saillants s'engageant dans les tuiles du rang plus élevé tandis que les deux côtés inférieurs présentent en dessous des rainures où pénètrent les rebords des tuiles du rang suivant.

Leur hauteur est de $0^m,40$ et leur largeur $0^m,28$; chacune couvre une surface de $0^m,32$ sur $0^m,28$. Mouillée, elle pèse $2^{kg},50$ et sèche $2^{kg},30$; il faut par mètre carré 18 tuiles et demi avec six à sept lattes; la pose demande une heure de couvreur.

Couvertures en verre. — Des terres cuites, il faut rapprocher le verre; le verre à vitres ordinaire, obtenu par le soufflage est mince, peu résistant; il ne s'obtient qu'en plaques de petites dimensions qu'il faut poser à recouvrement comme des ardoises. Il laisse passer le soleil; il est transparent, ce qui est quelquefois nuisible.

Les glaces sont plus épaisses mais leur prix les rend inabordables dans les cas ordinaires.

La compagnie de Saint-Gobain livre maintenant au commerce des verres coulés, plus ou moins verdâtres, portant sur une face des stries ou des losanges qui brisent les rayons lumineux et détruisent la transparence sans absorber autant de lumière que le verre dépoli.

Ces verres se fabriquent en feuilles d'environ $0^m,005$ d'épaisseur, $0^m,50$ de largeur, $2^m,50$ de long ; ces feuilles se posent sur des fers à vitrages et on les maintient par des goupilles en fer ; elles sont très-résistantes et capables de supporter une lourde charge.

Le mètre carré pèse 10 kilogrammes ; il coûte 6 à 8 francs en feuilles cannelées, 8 à 10 francs en feuilles losangées, et la pose revient à 1 franc.

Couvertures en asphalte. — Les couvertures en asphalte conviendraient pour les terrasses mieux que ne le font les enduits en ciment qui se fissurent sous l'influence des variations atmosphériques dès qu'ils occupent une surface de quelque étendue, et dont les plaques successives sont très-difficiles à raccorder.

L'asphalte posé sur terrasses ou balcons, avec une épaisseur de 12 millimètres, vaut environ 4 francs le mètre carré, pourvu qu'il s'agisse d'une surface assez importante et qu'on soit dans une ville où se trouvent des ouvriers spéciaux.

Aux pages 223 et suivantes de notre *Traité de l'exécution des travaux*, nous avons décrit l'asphalte, ses propriétés et la manière de le mettre en œuvre.

III. — COUVERTURES EN ARDOISES.

Bien que certaines roches des grès bigarrés puissent se débiter en feuilles et servir à la couverture des édifices, la seule roche fissile employée à cet usage est l'ardoise.

L'ardoise est une roche schisteuse que l'on rencontre dans les terrains paléozoïques, qui s'exploite en France dans deux grands centres ; l'Anjou (compagnie des ardoisières d'Angers) et les Ardennes (ardoisières de Rimogne, de Fumay et de Deville).

L'ardoise de l'Anjou, dit M. l'ingénieur Delesse, s'exploite depuis un temps immémorial. Elle a une couleur noire ou noire bleuâtre. Elle est très-schisteuse et peu compacte ; cependant elle résiste assez bien à l'action mécanique ou chimique des agents atmosphériques. Diverses expériences ont été faites par M. A. Blavier sur les propriétés de l'ardoise de l'Anjou. Elle renferme seulement quelques millièmes de pyrite de fer qui n'est pas intimement disséminé dans sa pâte, mais qui y forme de petits nodules isolés, ce qui permet de rejeter les échantillons qui en renferment trop. Lorsqu'elle est immergée, elle s'imbibe d'une quantité d'eau qui va en croissant avec son épaisseur. Cette quantité d'eau est plus grande que celle qui est prise dans les mêmes circonstances par l'ardoise anglaise ; car, tandis que cette dernière n'absorbe que 0,0002 de son poids pour une épaisseur de 3 millimètres, l'ardoise de l'Anjou en absorbe 0,0005 pour une épaisseur de 2 millimètres. M. Blavier a cherché ensuite la résistance

à la rupture d'ardoises ayant différentes épaisseurs. Il a opéré sur des ardoises carrées de $0^{m},25$ de côté, reposant par leurs quatre côtés sur un cadre bien dressé et chargées directement sur une surface de 1 décimètre carré. Le charges nécessaires pour la rupture sont données par le tableau ci-dessous :

ÉPAISSEUR DE L'ARDOISE. millimètres.	CHARGE DE RUPTURE
1	8
2	35
3	50
4	90
5	120
6	150
7	170

On voit que la résistance de l'ardoise à la rupture augmente rapidement avec son épaisseur. Il y a donc avantage à employer des ardoises épaisses et l'expérience a montré, en effet, que l'ardoise d'Angers ne peut durer que vingt-cinq ans lorsqu'elle est très-fine, tandis qu'elle dure plus d'un siècle lorsque l'épaisseur est convenable.

Le tableau suivant donne les dimensions et les prix des divers modèles que fournissent les ardoisières d'Angers (1874) :

	DÉNOMINATIONS DES ARDOISES.	DIMENSIONS EN MILLIMÈTRES. Hauteur. × Largeur.	Épaisseurs approximatives.	Poids moyens des 1040 ardoises.	Pureaux, ou partie visible de chaque ardoise sur le toit ; pour les ardoises ordinaires au recouvrement de 1/3 de la hauteur ; pour les modèles anglais au recouvrement uniforme de 0m,08.	Nombre d'ardoises entrant dans un mètre carré de couverture aux pureaux ci-contre	Nombre de mètres carrés de couverture par 1000 d'ardoises.	Prix des 1040 ardoises rendues à nos ports de chargements à Angers, pour les livraisons par eau ; ou aux quais de nos gares de la Paperie et Trelazé pour nos livraisons par chemin de fer.
ARDOISES ORDINAIRES.	1re carrée, grand modèle. . . .	0.324 × 0.222	0.0025 à 0.0035	520 kil.	0.11	42	23.80	40
	1re carrée, 1/2 forte.	0.297 × 0.216	0.0025 à 0.0030	410	0.10	47	21.27	35
	1re carrée, forte.	0.297 × 0.216	0.0027 à 0.0040	540	0.10	47	21.27	37
	2e carrée, —	0.297 × 0.195	0 0025 à 0.0035	410	0.10	52	19.23	29
	Grande moyenne, forte.	0.297 × 0.180	0.0025 à 0.0055	380	0.10	55	18.18	23
	Petite moyenne, —	0.297 × 0.162	0.0025 à 0.0035	330	0.10	62	16.12	21
	3e carrée { dite flamande. . .	0.270 × 0.162	0.0025 à 0.0035	320	0.09	69	14.42	16
	3e carrée { ordinaire.	0.243 × 0.180	0.0025 à 0.0035	310	0.08	72	13.88	15
	4e carrée ou cartelette n° 1. . .	0.216 × 0.162	0.0025 à 0.0035	260	0.07	88	11.36	13
	— ou cartelette n° 2. . .	0.216 × 0.122	0.0025 à 0.0040	200	0.07	114	8.77	7
	— ou cartelette n° 3. . .	0.216 × 0.095	0.0025 à 0.0040	150	0.07	145	6.84	4.25
	Ardoises non échantillonnées. { Poil taché. . . .	0.297 × 0.168	0.0025 à 0.0040	400	0 09	65	16.12	21
	Ardoises non échantillonnées. { Poil roux.	0.270 × 0.141	0.0025 à 0.0040	300	0.09	78	12 82	14
	Ardoises non échantillonnées. { Héridelle.	0.380 × 0.108	0.0025 a 0.0040	480	variable	»	»	11
	Ardoises taillées à la mécanique. { Grande écaille. . .	0.296 × 0.198	0.0025 à 0.0040	500	0.10	50	20.00	44
	Ardoises taillées à la mécanique. { Petite écaille. . .	0.250 × 0.132	0.0025 à 0.0035	240	0.08	94	10.63	22
	Ardoises taillées à la mécanique. { Ardoise découpée.	0.300 × 0.170	0.0025 à 0.0035	300	0.10	60	16.66	45
MODÈLES ANGLAIS.	N° 1.	0.640 × 0.360	0.0045 à 0.0060	3100	0.280	9.92	100.20	230
	2.	0.608 × 0.360	0.0045 à 0.0060	2900	0.265	10.48	95.41	210
	3.	0.608 × 0.304	0.0045 à 0.0060	2450	0.265	12.40	80.64	180
	4.	0.558 × 0.279	0.0045 à 0.0060	2020	0.240	14.92	67.02	140
	5.	0.508 × 0.254	0.0035 à 0.0050	1510	0.215	18.31	54.61	120
	6.	0.458 × 0.254	0.0035 à 0.0050	1330	0.190	20.70	48.30	100
	7.	0.406 × 0.203	0.0035 à 0.0050	920	0.165	29.85	33.50	70
	8.	0.355 × 0.203	0.0035 à 0.0050	710	0.140	35.21	28 40	60
	9.	0.358 × 0.177	0.0035 à 0.0050	630	0.140	40.32	24.80	50
	10.	0.305 × 0.165	0.0035 à 0.0050	470	0.115	52.63	19.00	40

L'adoption des modèles anglais, qui sont plus grands que ceux employés en France, a été un grand progrès réalisé par les ardoisières de l'Anjou; ces modèles présentent plus de résistance aux chocs, aux vents et à l'humidité; aussi les constructeurs sérieux les préfèrent-ils malgré leur prix plus élevé.

L'emploi des ardoises épaisses et de grande dimension, lorsqu'elles peuvent être obtenues avec la régularité de fabrication que comporte le schiste d'Angers, présente, dit M. Le Châtellier, des avantages nombreux et marqués. Ces ardoises donnent à la couverture une solidité et une stabilité, et par suite une durée que ne présente pas l'ardoise ordinaire; elles deviennent d'autant moins facilement altérables sous l'influence des agents atmosphériques que leur épaisseur est plus grande; elles permettent l'emploi d'inclinaisons plus faibles, d'un voligeage plus léger; elles ont sur le zinc tous les avantages inhérents à l'emploi des matières pierreuses, conduisant mal la chaleur, infusibles et incombustibles; elles évitent le bruit incommode causé sur le zinc par la grêle et la pluie; elles présentent des garanties de durée dont il serait difficile de fixer la limite, mais peut-être comparables à celles qu'on peut attendre des meilleures toitures métalliques; elles ont toutes les qualités de la tuile sans en avoir le poids considérable. Enfin les toitures qu'elles forment peuvent supporter le poids des hommes sans qu'il soit nécessaire de recourir à des précautions particulières, comme celà a lieu pour l'ardoise ordinaire, avantage très-précieux en cas d'incendie.

L'ardoise de Sainte-Anne, à Fumay, passe généralement pour la meilleure des Ardennes. C'est une ardoise très-fissile, susceptible de se diviser en un grand nombre de feuillets larges et minces d'une épaisseur bien égale. Elle a une couleur bleue, rouge, verte ou violette. Elle est dure, sonore et peu fragile. Elle se laisse tailler et percer facilement. D'après quelques expériences elle serait supérieure à l'ardoise d'Angers; elle serait plus dense, absorberait moins d'eau et posséderait une durée plus grande.

L'ardoise de Rimogne est très-flexible, ce qui est précieux pour la pose; par suite elle résiste mieux aux chocs. Les échantillons sont souvent de qualité variable et l'ardoise est d'autant meilleure qu'elle provient d'une couche plus profonde. L'ardoise de Rimogne fournit de bons tableaux pour écrire.

Ardoise émaillée. — L'ardoise émaillée a été inventée par un anglais, M. Magnus. Elle est employée en Angleterre, sur une vaste échelle, pour la décoration intérieure des édifices.

L'ardoise, soumise à une chaleur graduée dans un four, ne s'altère pas, mais devient dure et résistante. L'ardoise émaillée se fabrique par la cuisson de l'ardoise ordinaire qu'on a préalablement recouverte d'un vernis coloré. Le vernis tenant les couleurs en suspension est versé sur un bain d'eau et il surnage; on applique la surface de l'ardoise sur le bain et elle prend la couleur; on la porte ensuite dans des fours chauffés à 200° où elle reste pendant huit jours.

En en sortant, elle possède une grande résistance, bien supérieure à celle du marbre; le vernis s'est vitrifié et, pour le rendre brillant, on le polit avec de la potée d'étain ou du tripoli.

En variant les couleurs on imite de la sorte toutes les espèces de marbres, des mosaïques, des dessins de toutes espèces, et cela à un prix bien inférieur à celui du marbre.

Durée de l'ardoise. — La durée de l'ardoise est très-variable suivant sa provenance et suivant le soin qu'on apporte au triage.

Ce qu'il y a de certain, c'est que l'ardoise dure beaucoup moins que la bonne tuile.

Cependant, on cite des ardoises vertes de Fumay, avec lesquelles les couvreurs avaient tracé les dates de 1618 et 1623 sur quelques vieux bâtiments du pays de Namur et de Liége, qui duraient encore en 1830 et remontaient, par conséquent, à plus de 200 ans; les ardoises rougeâtres, qui sont les plus communes, même employées sous une forte inclinaison, ne durent que 50 ans au plus. Les ardoises ordinaires d'Angers, employées à Paris sous une inclinaison de 45° ne durent guère que de 20 à 30 ans; la durée des modèles anglais doit être plus considérable.

Pose des ardoises. — Les figures 10, planche XXIV, tirées d'Emy, représentent la pose des ardoises ordinaires. Cette pose se fait à un tiers de pureau. Les ardoises sont fixées sur des lattes au moyen de deux clous qui remplacent le crochet de la tuile. Les lattes horizontales sont donc espacées d'axe en axe d'une longueur égale au tiers de la longueur de l'ardoise; chaque latte repose sur quatre chevrons. On renforce le lattis par des contres-lattes clouées en dessous des premières suivant la ligne de plus grande pente. Lorsque les couvreurs clouent une ardoise sur la latte, ils soutiennent celle-ci par en dessous au moyen d'un outil recourbé ou contre-lattoir. Les trous de clous sont percés dans l'ardoise sur la couverture même; à cet effet, le couvreur est muni d'une petite enclume, qui se fiche dans un chevron, il perce le trou avec la pointe de son marteau; le tranchant de ce marteau sert à tailler l'ardoise exactement suivant la forme voulue.

Aux lattes on préfère souvent les voliges de 0,16 à 0,19 de largeur sur 0,016 d'épaisseur; quelquefois même on a recours à un voligeage jointif.

On fait usage de clous en fer, en cuivre ou en fer galvanisé. Le clou en fer s'oxyde et se ronge rapidement; le clou en cuivre se recouvre d'une patine et dure longtemps, mais il coûte cher; le mieux est de recourir au clou en fer galvanisé.

La pose de l'ardoise commence évidemment par le bas du toit, où l'on place les plus forts échantillons choisis à cet effet; quand une rangée horizontale est posée, on bat dessus un cordeau blanchi pour marquer la ligne horizontale à laquelle doit s'arrêter la rangée supérieure.

Pose du modèle anglais. — Les ardoises modèle anglais, de quelque échantillon qu'elles soient, s'emploient par superposition en se conformant aux règles suivantes :

Le couvreur, après s'être assuré que le chevronage est parfaitement réglé, fixera le recouvrement ou liaison à donner à ses ardoises suivant l'angle d'inclinaison du toit : ce recouvrement devra être de $0^m,08$ pour les toitures inclinées au-dessus et jusqu'à 20 degrés, de $0^m,10$ à $0^m,12$ pour celles variant de 20 à 15 degrés. Le recouvrement adopté, on en déduira facilement : 1° le pureau ou surface visible de l'ardoise sur la toiture, qui devra toujours être égal à la moitié de la hauteur de l'ardoise, déduction faite du recouvrement, 2° l'écartement des voliges qui doit toujours être égal au pureau. Les voliges doivent être en bois de sapin du Nord, attachées à deux pointes par chevron, larges de $0^m,08$, mises en chanlattes aux épaisseurs suivantes : pour les numéros 1, 2, 3, de $0^m,03$ et $0^m,02$, pour les numéros 4, 5, de $0^m,025$ et $0^m,015$, pour les numéros 6, 7, 8, de $0^m,02$ et $0^m,01$. Si on employait des voliges sciées droites, ce qui serait d'un moins bon usage parce que la volige serait moins aérée, et, par conséquent, dans

de moins bonnes conditions de conservation, on les mettrait aux épaisseurs moyennes des voliges chanlattées.

L'ardoise sera toujours clouée à deux clous en cuivre ; ces clous qui peuvent varier de 0m,035 à 0m,025 de longueur (suivant les numéros d'ardoise employés) peuvent être placés soit en tête de l'ardoise, soit au milieu, suivant que l'on veut plus ou moins serrer les ardoises entre elles. Toutes les ardoises ne pouvant être de même épaisseur, il est nécessaire qu'avant de les poser sur le toit, le couvreur en fasse le triage en trois catégories et par degrés d'épaisseur : les fortes seront aux égouts, celles d'une moyenne épaisseur au milieu du toit, enfin celles un peu plus minces près du faîtage.

Les figures 4, 5, 6, planche XXV, représentent le mode de pose des ardoises modèle anglais.

Dans ces dernières années, on a substitué fréquemment aux clous en cuivre de doubles crochets du même métal, qui s'agrafent en haut sur les voliges, qui passent entre deux ardoises et viennent se recourber sur la base de l'ardoise du dessus; celle-ci est plus solidement maintenue contre les efforts du vent et la pose est plus facile. Ce système convient bien lorsque l'on remplace le voligeage par des fers de petite dimension.

IV. COUVERTURES MÉTALLIQUES.

Dans l'antiquité on eut recours au bronze pour couvrir plusieurs temples Grecs et Romains. Le panthéon d'Agrippa à Rome, construit 18 ans avant notre ère, fut dépouillé de ses bronzes sous le pontificat d'Urbain VIII.

A ces masses pesantes de métaux coulés l'industrie moderne a substitué les feuilles minces des métaux malléables : plomb, cuivre, fer, zinc.

Quelques inventeurs ont cherché à créer des ardoises ou des tuiles métalliques ; c'est un système absolument irrationnel. Du moment que l'on a facilement de grandes feuilles à sa disposition, il faut se garder de les fractionner et de multiplier les joints et la main d'œuvre.

Il est vrai que la dilatabilité des métaux sous l'influence des variations de température est un grave inconvénient lors de l'emploi en grandes feuilles et que cet inconvénient est amoindri avec les petites feuilles ou plaques; mais il vaut mieux, croyons-nous, conserver les grandes feuilles en ménageant un libre jeu à la dilatation.

Pour certaines parties de la couverture du palais Bourbon, Rondelet s'était servi de tuiles en fonte, tuiles plates avec rebords latéraux pour couvrir mutuellement leurs joints montants; elles étaient munies de crochets venus de fonte par lesquels elles se fixaient sur un lattis. En 1818, on a fabriqué près de Besançon des tuiles en fonte de 0m,36 de haut, 0m,25 de large avec une épaisseur de 0m,004, que l'on posait à recouvrement de 0m,07 sur un plancher jointif au moyen de deux clous à la partie haute, et on garnissait les joints avec du ciment de vitrier ; le poids du mètre carré de cette couverture ne pesait que 40 kilogrammes mais coûtait 25 fr. 50, c'est-à-dire (à cette époque) cinq fois plus que la couverture en tuiles plates ordinaires, fig. 6, pl. XXIV.

Montataire fabrique actuellement de grandes ardoises en tôle ondulée dont nous parlerons plus loin.

Couvertures en plomb. — Le plomb, par sa malléabilité, s'applique sur presque toutes les surfaces, il convient donc surtout pour les raccords, les noues, les chéneaux, etc.

Plusieurs dômes d'édifice, celui de Notre-Dame de Paris entre autres, ont été recouverts en plomb; il convient parfaitement pour les terrasses, et peut durer plusieurs siècles.

Sa surface s'oxyde et se couvre d'une patine noirâtre qui protége la masse intérieure; cependant il est attaqué par certains agents; le salpêtre, les acides de certains bois et quelques insectes le perforent. Résistance très-faible : quatre fois moindre que celle du zinc. Densité considérable : 11,35. Il donne donc, à résistance égale, une toiture beaucoup plus lourde et beaucoup plus chère. Son prix moyen est de 0f,60 le kilogramme. Il se dilate de 0m,0028 par mètre courant pour une élévation de température de 100°, dilatibilité analogue à celle du zinc. Médiocre conducteur du calorique, il donne lieu à des variations de température moins brusques dans les édifices qu'il recouvre. Il est attaquable par l'eau chimiquement pure; l'eau de pluie, qui presque toujours est pure, l'attaque donc, et il est prudent de ne pas se servir pour les usages domestiques des eaux recueillies sur des terrasses en plomb.

Une bonne couverture de plomb doit avoir au moins 3 millimètres d'épaisseur : les feuilles de plomb ayant une épaisseur de 1, 2, 3, 4, 5, 6 millimètres pèsent une, deux, trois, quatre, cinq ou six fois 11kg,35. Les deux premiers numéros ne peuvent convenir que pour de petits raccords et des couvertures économiques; les numéros 3 et 4 donnent de solides couvertures.

Le plomb laminé se vend en grandes feuilles qui ont jusqu'à 2m,50 de large et 12 mètres de long; le plomb coulé, qui n'est pas écroui par le laminage, est en feuilles moins étendues.

Lorsqu'on pose le plomb sur terrasses, on assemble les feuilles au moyen d'agrafes recourbées qui ne s'opposent pas à la dilatation : nous verrons ce système pour le zinc.

La couverture en plomb est très-chère, et ne doit être employée qu'exceptionnellement.

Couvertures en cuivre. — Le cuivre laminé est plus compact, plus solide et s'altère beaucoup moins à l'air que le plomb; il peut donc être employé en feuilles plus minces, mais comme il coûte beaucoup plus cher, environ 2f,70 le kilogramme, il ne donne pas une couverture plus économique. On l'a employé à Paris, notamment pour couvrir la Chambre des députés, la Halle-aux-Blé, la Bourse.

On ne peut l'employer en feuilles trop minces, car ces feuilles, par suite du laminage, présentent de petites déchirures imperceptibles qui, cependant, laissent passer l'eau; si l'on voulait se servir de feuilles minces, il faudrait en étamer la surface inférieure, afin de boucher les trous au moyen de l'étain liquide. Ainsi étamées, les feuilles minces de la Halle-au-Blé se sont bien conservées.

On n'a pas eu besoin d'étamer les feuilles employées à la couverture de la Bourse, parce qu'elles étaient en n° 25, c'est-à-dire qu'elles pesaient 25 livres (12kg,22) au mètre carré; pour la Chambre des députés, on s'est contenté du n° 20.

La couverture de la Bourse, faite en 1825, est posée sur un comble en fer forgé; les arbalétriers en fer supportent un châssis également en fer, sorte de gril à mailles carrées, qui remplace un voligeage jointif. Les feuilles sont posées

à recouvrement de 0m,12 dans le sens de la pente du toit; chaque feuille, libre à sa partie inférieure, est recourbée à la partie supérieure, de manière à s'agrafer sur une panne; latéralement, les feuilles se recourbent en côtes saillantes, l'une recouvrant l'autre, et les deux bords sont soudés ensemble.

Les feuilles sont de la sorte reliées entre elles et au comble, de manière à n'être point soulevées par le vent, tout en restant libres de se dilater.

En hiver, la buée de la salle vient se condenser en grande quantité sur la face inférieure des feuilles de cuivre et de là coule sur le plancher, où l'eau dessine en plan la carcasse du comble. Cet effet, qui tient à la conductibilité des métaux en général, et du cuivre en particulier, se produit avec toutes les couvertures métalliques; c'est un inconvénient sérieux pour les feuilles métalliques posées sur voliges, parce que celles-ci, imprégnées de vapeur condensée, ne tardent pas à se décomposer.

Quand on pose les feuilles de cuivre sur un voligeage, on les fixe à la partie haute, au moyen de vis; en bas, sur la face inférieure, un peu au-dessus du recouvrement, on soude des agrafes qui entourent le bord de la feuille inférieure, et la rendent ainsi solidaire de celle du dessus.

Couvertures en zinc. — La couverture en zinc est aujourd'hui d'un usage général, malgré les inconvénients qu'elle conserve; c'est la plus économique des toitures métalliques.

Le zinc pur ne fut extrait de la calamine qu'en 1743, bien qu'il entrât depuis fort longtemps dans la composition du bronze. A la fin du dernier siècle, l'usage s'en était développé en Angleterre, on le tirait alors de l'Inde et des mines de la Vieille-Montagne, près de Liége. En 1809, M. Dony, propriétaire des usines de la Vieille-Montagne, adressa au ministre de l'intérieur, en France, deux feuilles de zinc laminé; le nouveau métal se propagea rapidement dans les années qui suivirent.

Le zinc a une densité de 7,2, il pèse donc 7kg,2 au mètre carré par millimètre d'épaisseur. Son prix est de 0f,60 à 0f,70 le kilogramme. Il se vend en feuilles de 2 mètres de long, de 0m,50, 0m,65 ou 0m,80 de large.

Le numéro 11 (épaisseur 0m,0006) sert en ferblanterie et pour les ornements découpés que l'on met sur les toits.

Les nos 12 et 13 (épaisseur 0m,00069 et 0m,00078) servent aux couvertures de constructions provisoires, aux tuyaux de descente.

Dans les couvertures ordinaires, c'est le no 14 qu'on emploie (0m,0087); pour les édifices publics, on aura recours aux numéros 15 et 16.

Sa dilatabilité est de 0m,03 pour 100°.

Bon conducteur du calorique, il présente les inconvénients que nous avons signalés plus haut pour les couvertures en cuivre.

A l'air, le zinc se couvre d'une patine grise insoluble d'oxyde de zinc; il résiste donc fort longtemps à l'action des agents atmosphériques. La pose en est facile, il exige bien moins de réparations que l'ardoise; la bonne couverture en zinc ne coûte que le double de la couverture en ardoise. C'est donc une couverture métallique très-économique, et elle peut s'établir sous une inclinaison quelconque. Son immense avantage est la légèreté; d'après les nombres cités plus haut, la feuille de zinc usuelle en no 14 pèse à peine 7 kilogrammes au mètre carré. Une toiture couverte en zinc peut ne peser que le quart de la même toiture couverte en ardoises et le douzième de la même toiture couverte en tuiles plates; donc, grande économie dans les murs de support et dans la construction tout entière.

Mais il faut veiller avec soin à ce que le zinc ne se trouve nulle part en contact avec le fer, parce qu'ils forment un couple électrique, et décomposent l'humidité de l'air; l'oxydation du métal marche rapidement, et la destruction ne tarde pas.

Le zinc, sous l'influence des eaux acides, les eaux ménagères, par exemple, est rapidement attaqué, et donne naissance à des sels vénéneux; il ne faut jamais faire en zinc les tuyaux qui conduisent des eaux ménagères. De même, le zinc s'attaque au contact du chêne qui n'est pas absolument sec (il faut le poser sur sapin ou peuplier); il s'attaque aussi au contact du plâtre frais.

Le zinc ne se lamine bien qu'entre 120° et 150°; en dehors de cet intervalle, il se gerce et s'écrouit.

Le zinc fond à 360° centigrades; il brûle vers 500°, et dégage des flocons laineux blancs d'oxyde de zinc. Il n'y a pas à craindre de le voir s'enflammer lors des incendies, puisqu'il commence par fondre et par s'écouler sur le sol. Le cuivre est, du reste, dans le même cas, si ce n'est que le phénomène se produit à plus haute température.

Le plus grave inconvénient du zinc, c'est sa conductibilité pour la chaleur; l'intérieur des édifices qu'il recouvre se met rapidement en équilibre avec la température extérieure; la buée se condense sous les feuilles de zinc et pourrit rapidement le voligeage. Pour obvier à cet inconvénient, il faudrait établir sous le zinc un double plancher à circulation d'air; le dessous du zinc serait toujours à la même température que l'atmosphère extérieure, et l'humidité ne se condenserait pas. Mais c'est une dépense considérable.

Au lieu de double plancher, on peut poser le zinc sur des solives portant plafond sur leurs faces inférieures; la circulation d'air s'établit entre les solives et réalise l'effet cherché.

On peut supprimer la circulation d'air et remplir le faux plancher avec des matières isolantes, feutre, sciure, liége, etc.

A l'origine, on imagina de souder toutes les plaques de zinc les unes aux autres, de manière à faire des couvertures d'un seul morceau; mais les changements de température amenaient des rétrécissements ou des allongements, d'où résultaient des déchirures ou des gondolements. La soudure des deux feuilles se fait, soit en juxtaposant les tranches et posant sous le joint un ruban de zinc, soit en recouvrant les deux bords; on décape avec de l'eau acidulée à l'acide chlorhydrique et, en se servant du fer à souder que nous avons décrit, on chasse dans le joint la soudure formée de 4 parties d'étain et de 6 de plomb.

Aujourd'hui on s'astreint à laisser aux feuilles la dilatation libre, au moins dans un sens, et le meilleur système de pose est celui qui laisse le plus de jeu à la dilatation tout en obtenant les joints les plus étanches.

Nous allons décrire divers systèmes d'assemblages des feuilles :

Les figures 7 et 8, planche XXIV, représentent un système ancien : horizontalement les feuilles sont posées à recouvrement, et latéralement elles s'assemblent au moyen de deux agrafes en sens contraire, ménagées suivant la longueur, comme le montre la coupe : ces agrafes se font en présentant au feu le bord de la lame que l'on recourbe ensuite au marteau sur une tringle de fer de diamètre voulu. Dans la figure 7, la feuille supérieure est clouée au voligeage, et le clou est recouvert d'une plaquette de zinc soudée sur la feuille.

Les figures 7 et 8, pl. XXV, représentent deux joints à dilatation libre; le second montre les deux feuilles terminées en crochet et reliées par un couvre-joint en dos d'âne; ces couvre-joints peuvent être expédiés de la fabrique tout laminés :

ils peuvent s'enlever facilement en les tirant suivant la longueur et permettent de remplacer rapidement une feuille détériorée. Les joints horizontaux sont à croisement d'environ $0^m,10$; le bord supérieur de chaque feuille est cloué ou vissé sur le chevron ; quant au bord inférieur qui recouvre la feuille du dessous, il est bon de le maintenir par une agrafe soudée à cette feuille et permettant la dilatation. Toutes les attaches doivent être en zinc.

Le meilleur système est celui de la couverture à tasseaux et chapeaux (fig. 9, pl.XXV): de deux en deux chevrons on applique suivant la ligne de plus grande pente une tringle A en bois, à section trapèze, maintenue au chevron par des vis à bois ; les deux feuilles *ab*, *a' b'* se recourbent et viennent s'appliquer sur les côtés du trapèze, celui-ci est recouvert d'un chapeau longitudinal (*cd*) fixé par les vis à bois en même temps que la tringle ; la tête de chaque vis est mise à l'abri des influences atmosphériques au moyen d'une petite calotte de zinc soudée (*m*) ; les feuilles (*ab*) (*a'b'*) sont encore reliées de place en place par des agrafes doubles qui passent sous le tasseau et se recourbent de chaque côté en col de cygne. Les joints horizontaux ne sont pas à recouvrement ; les feuilles sont recourbées agrafées mutuellement l'une dans l'autre.

M. l'ingénieur Gutton a imaginé de relier les plaques de zinc par une lame de caoutchouc pincée sur les bords entre deux petits rubans de zinc rivés avec des rivets en fer étamé ; ces rubans de zinc sont soudés aux deux feuilles à réunir ; le caoutchouc est protégé contre toute décomposition par un couvre-joint en zinc, fig. 10.

On fait en zinc étampé des ardoises plates ou cannelées dont l'usage ne s'est guère répandu.

Couvertures en fer. — La couverture en tôle de fer réussit mieux dans les climats secs comme ceux du Nord que sous notre ciel pluvieux. Il y a plus d'un siècle que la tôle est en usage pour la couverture des édifices en Russie et en Allemagne.

Lors de la prise de Moscou, l'aspect brillant et bizarre des dômes avait étonné nos soldats ; ces dômes étaient recouverts de feuilles de tôle peintes en vert, en rouge, en couleur d'ardoise. La pose de la tôle est assez commode parce qu'on peut employer des agrafes et des clous en fer ; mais il faut toujours ménager le jeu de la dilatation.

Pour préserver la tôle de l'oxydation il faut la peindre à l'huile très-fréquemment, tous les huit ou dix ans par exemple.

Chez nous, la tôle ondulée peinte a reçu d'assez nombreuses applications ; nous en avons fait la description à la page 78 à propos des combles du chemin de fer de l'Ouest.

Ardoises en tôle galvanisée de Montataire. Les forges de Montataire fabriquent depuis quelques années des ardoises en tôle ondulée galvanisée, figures 11, planche XXV.

Latéralement l'une des ardoises recouvre sa voisine ; chaque ardoise est fixée à la volige par sa partie haute au moyen de deux clous galvanisés ; sous la tête de ces clous est une rondelle en plomb qui, en s'écrasant, bouche tout passage à l'eau. Le clou fixe en même temps une agrafe galvanisée qui passe entre les deux ardoises et vient soutenir le bord inférieur de l'ardoise du dessus.

Le recouvrement varie de 5 à 8 centimètres ; les ardoises ont $0^m,41$ sur $0^m,21$.

Cette couverture est très-légère, 4 kilogrammes le mètre carré ; la matière coûte 3 fr. 50 à 4 francs le mètre carré, sans y comprendre la volige ; le prix de la pose vaut de 0 fr. 40 à 0 fr. 50.

Il paraît que ces ardoises ont assez bien réussi jusqu'à présent; mais il faudra les surveiller, car dès que la rouille apparaîtra en un point, elle se développera très-rapidement; la rouille est, du reste, très-apparente sur une teinte grise.

CHÉNEAUX, NOUES, FAITAGES.

Chéneaux. — Le chéneau est l'espèce de rigole placée en bas du toit et destinée à conduire les eaux aux tuyaux de descente. Quelquefois on supprime le chéneau et on prolonge la toiture jusqu'à $0^m,40$ ou $0^m,50$ en avant du mur pour en éloigner les eaux qui le dégraderaient. Dans ce cas, on placera aussi quelquefois une gouttière ordinaire en ferblanc ou en zinc soutenue par des crochets en fer galvanisé. Voici divers exemples d'égouts et de chéneaux:

1° Couverture en tuiles dont les crochets sont fixés à des lattes; *a*, chanlatte taillée suivant l'inclinaison de la tuile; *b*, chevron, fixé par une vis à bois à la sablière (*c*); à la base du toit, on voit qu'il y a double tuile, figure 12, planche XXV.

2° Mur à corniche; il y a au bord de l'égout trois tuiles, dont deux enchâssées dans un massif de plâtre *m*; *b* est le chevron, *c* la la sablière et (*d*) le coyau. Souvent, on augmentera le nombre des tuiles enchâssées dans le massif de plâtre, afin d'augmenter la saillie de l'égout. Figure 13, planche XXV.

3° Chéneau en plomb; la feuille de plomb (*mn*) est engagée sous la dernière ardoise ou sous la dernière tuile et se relève le long d'un massif A, massif en plâtre recouvert par des ardoises ou des tuiles maçonnées; (*p*) est le tuyau de descente. Figures 14, 15, planche XXV.

4° Chéneau en fonte et plomb de l'église de Saint-Vincent-de-Paul; fig. 11 à 13, planche XXV; en avant une cimaise en fonte ornée limite le chéneau et couronne la corniche; cette cimaise est boulonnée sur des crampons en fonte scellés dans la pierre de taille; on établit contre la cimaise et sur la corniche une aire en plâtre convenablement profilée pour recevoir la feuille de plomb formant rigole; on remarquera qu'à son bord supérieur cette feuille de plomb se recourbe sous une saillie en fonte de la cimaise, afin de ne point laisser l'eau pénétrer entre le plomb et le plâtre. Il va sans dire que l'autre bord de la feuille de plomb doit être engagé sous la couverture.

Les chéneaux doivent avoir depuis leurs sommets jusqu'aux tuyaux d'écoulement une pente suffisante pour que les eaux ne séjournent pas ($0^m,01$ par mètre); les feuilles successives sont posées à recouvrement.

Sur un édifice un peu soigné, on ne saurait avoir recours à des gouttières masquant la corniche; on établit des chéneaux, et quelquefois les tuyaux de descente sont ménagés dans le massif des maçonneries comme des tuyaux de cheminée; c'est une disposition dangereuse, mieux vaut recourir à des tuyaux de descente en fonte ornée, mis en rapport avec la décoration de l'édifice.

Noues. — Pour les noues, on a recours à un système analogue à celui des chéneaux; seulement, la pente étant plus forte, il y a moins de précautions à prendre pour le recouvrement. Les noues se font en zinc, en ferblanc ou en plomb.

Faitages. — Les figures 16 de la planche XXV représentent un faitage commun pour couverture en tuiles; l'arête est recouverte d'un demi-cylindre (*a*)

en terre cuite posé sur un massif de plâtre et plâtras convenablement profilé. Les joints entre deux demi-cylindres (*a*) sont cachés par un bourrelet de plâtre; on retrouve ce bourrelet de plâtre le long de la ligne horizontale qui sépare la faîtière de la tuile ordinaire. Pour les joints transversaux, on adopte aujourd'hui des faîtières à agrafes, d'un système analogue à celui des tuiles modernes, fig. 3, pl. XXV.

Dans les édifices importants on aura recours à des faîtages en fonte ou en plomb très-ornés, qui terminent la toiture d'une manière élégante.

Remarques générales sur la couverture. — Il nous a paru intéressant de reproduire ici, comme nous l'avons fait pour la ferronnerie, les lignes que dans son rapport sur l'Exposition de 1867, M. Viollet-Leduc a consacrées à l'art du couvreur.

« Parmi les industries de bâtiment qui ont fait le plus de progrès depuis l'Exposition de 1855, il faut citer celles du couvreur et du plombier. En Angleterre, en France, en Prusse, en Autriche, les couvertures des bâtiments publics et privés sont mieux faites, moins chères et plus durables que celles que l'on faisait il y a vingt ans.

La zinguerie étampée, le plomb et le cuivre repoussés, sont des industries nouvelles ou renouvelées avec succès. La tuilerie, grâce aux agents mécaniques, a atteint une perfection inconnue jusqu'à nos jours. Les ardoisières, exploitées à l'aide de moyens puissants fournis par les moteurs à vapeur, envoient des produits excellents par leur régularité et leur dimension.

Remplacant les combles en bois par des charpentes en fer, il fallait trouver le moyen d'éviter l'interposition du bois entre le fer et la couverture même : outre qu'il est toujours difficile d'attacher de la volige ou de la latte en bois à des chevrons en fer, il y avait par suite de cette interposition quelque chose d'illogique dans l'emploi des matériaux. L'adoption des lattes en fer pour poser l'ardoise directement à l'aide des crochets est donc une solution dont il faut tenir compte à un entrepreneur de serrurerie, M. Lachambre, car son système de lattis en fer étiré nous paraît avoir une supériorité marquée sur les lattis en tôle employés parfois. Ce lattis en fer permet également la pose de la tuile à crochets directement sur les combles en fer.

Le système de couverture en zinc sur charpente en fer est encore à trouver ; la superposition du zinc directement sur le fer produit une action galvanique qui détruit promptement la couverture métallique. On continue donc à interposer de la volige entre le fer et le zinc pour éviter cet effet ; encore faut-il avoir le soin de ne pas laisser les têtes de clous ne pas toucher le zinc. Bien que la fabrication des zincs employés pour couvertures ait fait des progrès très-notables, les entrepreneurs de couvertures ne semblent pas encore s'être préoccupés sérieusement de la destruction du métal recouvrant par les substances subjacentes, destruction souvent très-rapide. L'interposition des feutres et des cartons bitumés entre la volige, le plâtre, le fer et le zinc, arrête, il est vrai, ces effets destructeurs ; mais il y a là une cause de dépense assez notable ; puis ces feutres et cartons n'ont eux-mêmes qu'une durée assez limitée.

Nous avons vainement cherché, parmi les exposants de couvertures métalliques, l'emploi de procédés propres à empêcher l'oxydation des plombs posés directement sur du bois. On sait que la plupart des bois de chêne, qui n'ont pas encore séjourné dans l'eau et qui n'ont pas été purgés de leur séve, transforment très-promptement les plombs mis en contact avec eux (malgré plusieurs couches de peinture) en oxyde blanc de plomb, autrement dit blanc de céruse, à ce point

que les plombs sont à remplacer après quelques mois de séjour sur ces bois. L'interposition des feutres, seule, arrête cet effet : mais, nous le répétons, c'est là une augmentation sensible dans la dépense. Quelques couvreurs-plombiers ont pris le parti, parfois, de poser les plombs ouvrés indépendamment des bois qu'ils sont censés recouvrir. C'est éviter la difficulté, non la résoudre, d'autant plus que ces plombs ainsi façonnés sans armatures spéciales, renforcés à l'intérieur par d'épaisses couches de soudure, reviennent à des prix exorbitants. C'est mentir au principe de la couverture en plomb, destinée à revêtir des ouvrages en bois. Dans ce cas, mieux vaut employer le cuivre repoussé qui est plus léger, et, par le fait, malgré la valeur du métal, revient moins cher parce qu'il se soutient de lui-même, étant battu au marteau, avec une épaisseur minime. Le cuivre repoussé peut d'ailleurs être posé directement sur les armatures en fer à cause de sa rigidité.

Zinc. — Tout en constatant les progrès faits dans la fabrication des zincs façonnés destinés aux couvertures, nous pensons que cette fabrication ne suit pas la ligne qui convient à ce genre de couverture. Le zinc, très-sensible aux variations de la température, se comporte mal lorsque les soudures sont multipliées et dans la plupart des ouvrages les conditions de retrait et de dilatation du métal ne sont pas suffisamment étudiées. — Les grands ouvrages en zinc exposés indiquent certainement des résultats remarquables dans l'art d'étamper à chaud, d'assembler et de souder ce métal; mais la plupart des objets exposés ne sont point exécutés en raison des qualités de la matière employée. Ce sont des œuvres difficiles à obtenir, sans contredit; elles indiquent une fabrication avancée, mais qui pèche par son principe même et par le côté pratique. A la place de ces objets décoratifs, mais peu usuels, et certainement d'une durée très-limitée lorsqu'ils sont exposés aux intempéries, nous eussions préféré voir quelque bon système de couverture en zinc à dilatation libre, cherchant à sortir de la méthode ordinaire des attaches, agrafures et couvre-joints, encore si imparfaits et si peu solides.

Les couvertures en grandes feuilles de zinc, qui sont encore les meilleures dans la pratique, ont l'inconvénient de présenter un aspect désagréable, à cause surtout des ondulations qui se produisent sur ces feuilles par une température élevée. Les essais de couverture en tuiles de zinc d'une médiocre dimension n'ont pas été heureux jusqu'à présent, parce que ces couvertures laissent passer facilement les eaux pluviales et sont dérangées par les grands vents. Mais il y aurait certainement quelque chose à tenter entre ces deux extrêmes et c'est vers cette étude que doivent tendre les efforts des couvreurs en zinc plutôt que de chercher à simuler, à l'aide de ce métal, des ouvrages de plomberie décorative ou de pierre et de bois; puisque l'on étampe aujourd'hui le zinc par des moyens mécaniques, et qu'on est arrivé à rendre ce métal assez souple par l'échauffage pour n'être point déchiré par l'étampage, ce serait l'occasion de chercher à donner aux couvertures un aspect moins froid et plus de rigidité par des procédés d'étampage et à obtenir des feuilles de métal pouvant être posées partout facilement, sans soudure et sans clous, comme on pose de la tuile ou de la grande ardoise à crochets. Il y aurait encore à trouver le moyen de doubler mécaniquement les feuilles de zinc propres aux couvertures, d'une manière qui isolerait ce métal du fer, de telle sorte qu'on pût poser directement ces feuilles sur des lattis en tôle ou en petits fers à T, en supprimant ainsi le voligeage.

Un des inconvénients du système actuel de couverture en zinc est d'exiger l'emploi d'ouvriers habiles et ayant beaucoup pratiqué en grand, de sorte que,

si l'on entreprend des travaux de cette nature loin des grands centres, ou l'ouvrage est mal exécuté par suite du peu d'expérience des ouvriers, ou il revient à des prix très-élevés parce qu'on est obligé de faire venir des ouvriers spéciaux. Il semble que les fabricants qui s'occupent de façonner le zinc pour couvertures trouveraient un avantage considérable à livrer des feuilles de métal toutes prêtes à être posées par les premiers couvreurs venus, comme on livre de la tuile. Ce serait là un résultat sérieux, utile, pratique, qui prendrait bien vite rang au-dessus de ces objets de luxe à bon marché qui passent de mode du jour au lendemain et se détériorent promptement à l'action des agents atmosphériques.

Cartons bitumés. — L'exposition des cartons bitumés est nombreuse : la Russie, la Prusse, l'Autriche, la Belgique, le Danemark, la Suède, l'Angleterre et la France ont envoyé quantité de ces produits dont les qualités, peu durables en général, ont été reconnues par tous ceux qui les ont employés. Il ne faut chercher d'ailleurs dans ces cartons, plus ou moins imbibés de bitume, qu'un moyen de couvrir des bâtiments temporaires ou une matière propre à être interposée entre des murs humides et des boiseries ou sur les parois extérieures des murs pour les garantir contre les effets de l'humidité.

Des feutres bitumés d'une grande souplesse, pour couvertures, figurent également à l'exposition. Au contact de l'air, sous l'action de la chaleur, les parties huileuses du bitume s'évaporent assez promptement, et il ne reste plus que des parties charbonneuses qu'il faut de nouveau enduire de brai, si on veut éviter l'infiltration de la pluie dans l'épaisseur des cartons. Les cartons et feutres les plus profondément pénétrés de bitume sont naturellement ceux qui se maintiennent étanches le plus longtemps.

C'est donc en les déchirant ou les coupant qu'on peut reconnaître si la pénétration du bitume est complète. Les produits de la Prusse, du Danemark et de la Russie donnent à l'exposition de bons échantillons; aussi ces couvertures sont-elles très-répandues dans l'Allemagne du Nord où le climat se prête mieux que le nôtre à leur emploi. Pour atténuer les effets de l'action du soleil sur ces cartons bitumés, un exposant français, M. Maillard, les recouvre d'une couche de schiste pilé; on doit constater que les cartons de cette fabrique sont entièrement pénétrés de bitume. Aussi peut-on admettre que ces produits français se conserveront assez longtemps à l'air pour pouvoir trouver une application dans les bâtiments agricoles, dans les usines, etc. Quoi qu'il en soit, l'expérience seule peut faire reconnaître les qualités de ces produits, et, jusqu'à présent, l'expérience ne leur a pas été favorable, ou n'a pas été encore assez longue pour qu'il soit possible de les considérer comme un produit susceptible de fournir des couvertures très-durables.

Vitrerie des bâtiments. — La France conserve la supériorité qu'elle avait acquise depuis longtemps dans la fabrication des verres à vitres de grandes dimensions et à bon marché. Elle a réuni à cette industrie séculaire celle des verres coulés pour bâtiments, que l'Angleterre fabriquait seule il y a quelques années. Toutefois, sous ce rapport, les fabricants anglais fournissent à des prix plus bas des variétés de ces verres coulés que nous n'obtenons pas encore. Il faut notamment signaler les beaux verres moulés blanc verdâtre que les Anglais fournissent en grande quantité pour des vitraux et qui sont à la fois très-solides et d'un aspect très-satisfaisant à cause de leur effet varié. Mis en plomb, ces verres épais défient la grêle, le vent et même des chocs assez forts, ils permettent des décorations translucides, d'un aspect chaud et doux, sans atteindre le prix de

nos vitraux de grisailles. Employés pour couvrir des gares, des marchés, des hangars, ils résistent aux agents atmosphériques et tamisent beaucoup mieux les rayons solaires que nos verres blancs qu'il faut en été couvrir par des toiles ou des clayonnages. Leur épaisseur ajoute de la force aux armatures en fer qui les reçoivent en les étrésillonnant solidement.

CHAPITRE VI

ESCALIERS

Pour terminer ces notions d'architecture, nous aurions à traiter de la construction des escaliers. Mais, cette construction rentre dans la spécialité des tailleurs de pierre et des charpentiers ; nous l'avons traitée complètement en stéréotomie, et, pour éviter des redites, nous prierons le lecteur de se reporter à cette partie de notre *Manuel*.

A la page 120, il trouvera la description et l'épure de l'escalier à noyau plein et de l'escalier en vis à jour.

Aux pages 145 et suivantes, il trouvera des détails sur la composition d'un escalier et sur les dimensions de ses éléments, la description de l'escalier anglais, les épures relatives au balancement des marches et à la construction des limons.

Les escaliers métalliques ont pris dans ces dernières années un certain développement : les marches sont en fonte avec surface striée ; la contre-marche, quand il y en a, est venue de fonte en même temps que la marche ; les marches successives peuvent être boulonnées sur deux limons en fer, comme on fait dans les phares, ou bien elles portent elles-mêmes la portion du limon qui leur correspond et sont scellées dans un mur à leur extrémité opposée au limon. On fait des escaliers à vis tout en fonte, analogues aux escaliers en pierre des tourelles anciennes ; les marches sont creuses ainsi que le noyau central et chaque marche est fondue en même temps que la portion de noyau correspondante.

Les figures 17 à 19 de la planche XXIV représentent, d'après M. Eck, architecte, deux systèmes d'escaliers en fonte.

APPENDICE

CODE DU BATIMENT

Le rôle de l'architecte ne se borne pas à concevoir la disposition et à diriger l'exécution des édifices; le côté administratif et contentieux est aussi de son ressort. Il doit connaître les droits réciproques des propriétaires riverains, des propriétaires et des constructeurs, des propriétaires et des locataires, des propriétaires et des administrations publiques. L'architecte est l'expert naturellement choisi par les tribunaux dans les contestations relatives aux bâtiments de tous genres. Une certaine connaissance du droit et des règlements lui est donc indispensable.

C'est pourquoi nous avons pensé qu'il serait utile de compléter les notions précédentes par l'examen des articles du Code civil, des lois, règlements et arrêtés qui ont trait à la construction des édifices. Nous avons réuni tous ces documents sous le nom de code du bâtiment.

Nous commencerons par les extraits du Code civil, en accompagnant de commentaires les articles généraux qu'il est besoin de préciser.

TITRE PREMIER

DE LA DISTINCTION DES BIENS

(Décrété le 25 janvier 1804. Promulgué le 4 février.)

516. Tous les biens sont meubles ou immeubles.

CHAPITRE PREMIER

Des Immeubles

517. Les biens sont immeubles, ou par leur nature, ou par leur destination, ou par l'objet auquel ils s'appliquent. — N. 2118.

518. Les fonds de terre et les bâtiments sont immeubles par leur nature.

519. Les moulins à vent ou à eau, fixés sur piliers et faisant partie du bâtiment, sont aussi immeubles par leur nature

520. Les récoltes pendantes par les racines et les fruits des arbres non encore recueillis, sont pareillement immeubles. — Dès que les grains sont coupés et les fruits détachés, quoique non enlevés, ils sont meubles. — Si une partie seulement de la récolte est coupée, cette partie seule est meuble. — Pr. 626. s. 689. 691.

521. Les coupes ordinaires de bois taillis ou de futaies mises en coupes réglées ne deviennent meubles, qu'au fur et à mesure que les arbres sont abattus. — N. 1403.

522. Les animaux que le propriétaire du fonds livre au fermier ou au métayer pour la culture, estimés ou non, sont censés immeubles tant qu'ils demeurent attachés au fonds par l'effet de la convention. — Ceux qu'il donne à cheptel à d'autres qu'au fermier ou au métayer sont meubles. — N. 1063. 1764.

523. Les tuyaux servant à la conduite des eaux dans une maison ou autre héritage, sont immeubles et font partie du fonds auquel ils sont attachés.

534. Les objets que le propriétaire d'un fonds y a placés pour le service et l'exploitation de cè fonds sont immeubles par destination. —Ainsi sont immeubles par destination, quand ils ont été placés par le propriétaire pour le service et l'exploitation du fonds : — les animaux attachés à la culture; — les ustensiles aratoires; — les semences données aux fermiers ou colons partiaires; — les pigeons des colombiers; — les lapins des garennes; — les ruches à miel; — les poissons des étangs; — les pressoirs, chaudières, alambics, cuves et tonnes; — les ustensiles nécessaires à l'exploitation des forges, papeteries et autres usines; — les pailles ou engrais. — Sont aussi immeubles par destination tous les effets mobiliers que le propriétaire a attachés au fonds à perpétuelle demeure. — Pr. 529. 592.

525. Le propriétaire est censé avoir attaché à son fonds des effets mobiliers à perpétuelle demeure, quand ils y sont scellés en plâtre ou à chaux, ou à ciment, ou lorsqu'ils ne peuvent être détachés sans être fracturés et détériorés, ou sans briser ou détériorer la partie du fonds à laquelle ils sont attachés. — Les glaces d'un appartement sont censées mises à perpétuelle demeure, lorsque le parquet sur lequel elles sont attachées fait corps avec la boiserie. — Il en est de même des tableaux et autres ornements. — Quant aux statues, elles sont immeubles, lorsqu'elles sont placées dans une niche pratiquée exprès pour les recevoir, encore qu'elles puissent être enlevées sans fracture ou détérioration.

CHAPITRE II

Des Meubles

527. Les biens sont meubles par leur nature, ou par la détermination de la loi.

528. Sont meubles par leur nature les corps qui peuvent se transporter d'un lieu à un autre, soit qu'ils se meuvent par eux-mêmes comme les animaux, soit qu'ils ne puissent changer de place que par l'effet d'une force étrangère, comme les choses inanimées. — N. 1606.

531. Les bateaux, bacs, navires, moulins et bains sur bateaux, et généralement toutes usines non fixées par des piliers, et ne faisant point partie de la maison, sont meubles : la saisie de quelques-uns de ces objets peut cependant, à cause de leur importance, être soumise à des formes particulières, ainsi qu'il sera expliqué dans le Code de la procédure civile. — N. 519. 2120. — Pr. 620. — Co. 190. 215. — P. 457.

532. Les matériaux provenant de la démolition d'un édifice, ceux assemblés pour en construire un nouveau, sont meubles jusqu'à ce qu'ils soient employés par l'ouvrier dans une construction.

533. Le mot *meubles*, employé seul dans les dispositions de la loi ou de l'homme, sans autre addition ni désignation, ne comprend pas l'argent comptant, les pierreries, les dettes actives, les livres, les médailles, les instruments des sciences, des arts et métiers, le linge de corps, les chevaux, équipages, armes, grains, vins, foins et autres denrées; il ne comprend pas aussi ce qui fait l'objet d'un commerce.

534. Les mots *meubles meublants* ne comprennent que les meubles destinés à l'usage

et à l'ornement des appartements, comme tapisseries, lits, siéges, glaces, pendules, tables, porcelaines et autres objets de cette nature. —Les tableaux et les statues qui font partie du meuble d'un appartement y sont aussi compris; mais non les collections de tableaux qui peuvent être dans les galeries ou pièces particulières. — Il en est de même des porcelaines : celles seulement qui font partie de la décoration d'un appartement, sont comprises sous la dénomination de *meubles meublants*.

535. L'expression *biens meubles*, celle de *mobilier* ou *d'effets mobiliers*, comprennent généralement tout ce qui est censé meuble d'après les règles ci-dessus établies. — La vente ou le don d'une maison meublée ne comprend que les meubles meublants.

536. La vente ou le don d'une maison avec tout ce qui s'y trouve, ne comprend pas l'argent comptant, ni les dettes actives et autres droits dont les titres peuvent être déposés dans la maison; tous les autres effets mobiliers y sont compris.

TITRE II

DE LA PROPRIÉTÉ

(Décrété le 27 janvier 1804. Promulgué le 6 février.)

544. La propriété est le droit de jouir et disposer des choses de la manière la plus absolue, pourvu qu'on n'en fasse pas un usage prohibé par les lois ou par les règlements. — N. 636. s. 644. 647. 649. s. 651. s. 672. 686. 714.

545. Nul ne peut être contraint de céder sa propriété, si ce n'est pour cause d'utilité publique, et moyennant une juste et préalable indemnité. — N. 643. — P. 432. — Constitution 26.

546. La propriété d'une chose, soit mobilière, soit immobilière, donne droit sur tout ce qu'elle produit, et sur ce qui s'y unit accessoirement, soit naturellement, soit artificiellement. — N. 1018. — Ce droit s'appelle *droit d'accession*. — N. 712.

CHAPITRE II

Du droit d'accession sur ce qui s'unit et s'incorpore à la chose

551. Tout ce qui s'unit et s'incorpore à la chose appartient au propriétaire, suivant les règles qui seront ci-après établies. — N. 1615.

SECTION I. — *Du droit d'accession relativement aux choses immobilières*

552. La propriété du sol emporte la propriété du dessus et du dessous. — Le propriétaire peut faire au-dessus toutes les plantations et constructions qu'il juge à propos, sauf les exceptions établies au titre *des Servitudes ou Services fonciers*. — Il peut faire au-dessous toutes les constructions et fouilles qu'il jugera à propos, et tirer de ces fouilles tous les produits qu'elles peuvent fournir, sauf les modifications résultant des lois et règlements relatifs aux mines, et des lois et règlements de police. N. 598. 672. 674. 678. 2118.

553. Toutes constructions, plantations et ouvrages sur un terrain ou dans l'intérieur, sont présumés faits par le propriétaire, à ses frais, et lui appartenir si le contraire n'est prouvé, sans préjudice de la propriété qu'un tiers pourrait avoir acquise, ou pourrait acquérir par prescription soit d'un souterrain sous le bâtiment d'autrui, soit de toute autre partie du bâtiment. — N. 1350. 1352. 2219. 2262. 2265.

554. Le propriétaire du sol qui a fait des constructions, plantations et ouvrages avec des matériaux qui ne lui appartenaient pas, doit en payer la valeur ; il peut aussi être condamné à des dommages et intérêts, s'il y a lieu; mais le propriétaire des matériaux n'a pas le droit de les enlever.

555. Lorsque les plantations, constructions et ouvrages ont été faits par un tiers et avec ses matériaux, le propriétaire du fonds a droit ou de les retenir, ou d'obliger ce tiers à les enlever. — Si le propriétaire du fonds demande la suppression des plantations et constructions, elle est aux frais de celui qui les a faites, sans aucune indemnité pour lui; il peut même être condamné à des dommages et intérêts, s'il y a lieu, pour le préjudice que peut avoir éprouvé le propriétaire du fonds. — Si le propriétaire préfère conserver ces plantations et constructions, il doit le remboursement de la valeur des matériaux et du prix de la main-d'œuvre, sans égard à la plus ou moins grande augmentation de valeur que le fonds a pu recevoir. Néanmoins, si les plantations, constructions et ouvrages ont été faits par un tiers évincé, qui n'aurait pas été condamné à la restitution des fruits, attendu sa bonne foi, le propriétaire ne pourra demander la suppression desdits ouvrages, plantations et constructions; mais il aura le choix de rembourser la valeur des matériaux et du prix de la main-d'œuvre, ou de rembourser une somme égale à celle dont le fonds a augmenté de valeur. — N. 1018. 1437.

Ainsi, toute construction faite sur un terrain est présumée la chose du propriétaire.

De deux choses l'une : le propriétaire a fait la construction, ou c'est un tiers qui l'a faite.

Si c'est le propriétaire qui l'a faite, il s'est servi de matériaux lui appartenant, et personne n'a rien à revendiquer; ou il s'est servi de matériaux appartenant à autrui, alors il en doit la valeur et peut même être condamné à des dommages-intérêts. Néanmoins, les matériaux restent sa chose et celui à qui ils appartenaient ne peut demander la démolition de la construction pour rentrer en possession desdits matériaux.

Même dans le cas où le propriétaire du sol viendrait à démolir la construction qu'il a faite avec les matériaux d'autrui, ce dernier ne pourrait enlever les matériaux.

Le législateur a voulu s'opposer par là à ce que des édifices utiles fussent convertis en ruines par la volonté de celui à qui appartiennent les matériaux.

Par matériaux, il ne faudrait pas entendre les objets de luxe ou d'ornement qui ne sont pas indispensables à l'assiette de l'édifice.

La prescription de l'article 555 est formelle; le droit de propriété est inviolable, et le propriétaire d'un fonds a toujours le droit d'exiger la démolition d'un édifice construit sur ce fonds, quelles que soient la valeur et l'utilité de l'édifice.

Si le propriétaire du fonds conserve les constructions, faites par autrui, il doit, outre la valeur des matériaux et de la main-d'œuvre, les intérêts de cette valeur depuis l'époque de la construction.

Quand un possesseur de bonne foi doit abandonner des constructions faites sur un fonds qui en réalité appartenait à autrui, il a le droit d'en conserver la jouissance jusqu'à ce qu'il soit remboursé conformément à la loi.

Quand un fonds appartient à plusieurs cohéritiers, si l'un d'eux a construit quelque édifice sur ce fonds, il a fait acte d'administration et ses cohéritiers doivent lui tenir compte de la dépense proportionnellement à leur part.

TITRE III

DE L'USUFRUIT, DE L'USAGE ET DE L'HABITATION

(Décrété le 30 janvier 1804. Promulgué le 9 février.)

CHAPITRE PREMIER

De l'Usufruit

578. L'usufruit est le droit de jouir des choses dont un autre a la propriété comme le propriétaire lui-même, mais à la charge d'en conserver la substance. — N. 587. s. 1568.

579. L'usufruit est établi par la loi, ou par la volonté de l'homme. — N. 384. 917. 1403. 1422. 1428. 1549.

580. L'usufruit peut être établi ou purement, ou à certain jour, ou à condition.

581. Il peut être établi sur toute espèce de biens, meubles ou immeubles.

SECTION I. — *Des droits de l'usufruitier*

582. L'usufruitier a le droit de jouir de toute espèce de fruits, soit naturels, soit industriels, soit civils, que peut produire l'objet dont il a l'usufruit.

583. Les fruits naturels sont ceux qui sont le produit spontané de la terre. Le produit et le croît des animaux sont aussi des fruits naturels. — Les fruits industriels d'un fonds sont ceux qu'on obtient par la culture. — N. 1802. 1811.

584. Les fruits civils sont les loyers des maisons, les intérêts des sommes exigibles, les arrérages des rentes. — N. 529. 488. — Les prix des baux à ferme sont aussi rangés dans la classe des fruits civils. — N. 686. 688. 1521. 1714. s. 1905. 1909. 1980.

585. Les fruits naturels et industriels pendants par branches ou par racines au moment où l'usufruit est ouvert, appartiennent à l'usufruitier. — Ceux qui sont dans le même état au moment où finit l'usufruit appartiennent au propriétaire, sans récompense de part ni d'autre des labours et des semences, mais aussi sans préjudice de la portion des fruits qui pourrait être acquise au colon partiaire, s'il en existait un au commencement ou à la cessation de l'usufruit. — N. 1571.

586. Les fruits civils sont réputés s'acquérir jour par jour, et appartiennent à l'usufruitier, à proportion de la durée de son usufruit. Cette régle s'applique aux prix des baux à ferme, comme aux loyers des maisons et autres fruits civils. — N. 584. 585. 588. 1153. 1571. 1714. 1905. 1909.

590. Si l'usufruit comprend des bois taillis, l'usufruitier est tenu d'observer l'ordre et la quotité des coupes, conformément à l'aménagement ou à l'usage constant des propriétaires, sans indemnité toutefois en faveur de l'usufruitier ou de ses héritiers, pour les coupes ordinaires, soit de taillis, soit de baliveaux, soit de futaie, qu'il n'aurait pas faites pendant sa jouissance. — Les arbres qu'on peut tirer d'une pépinière sans la dégrader, ne font aussi partie de l'usufruit qu'à la charge par l'usufruitier de se conformer aux usages des lieux pour le remplacement.

594. Les arbres fruitiers qui meurent, ceux même qui sont arrachés ou brisés par accident, appartiennent à l'usufruitier, à la charge de les remplacer par d'autres.

597. Il jouit des droits de servitude, de passage, et généralement de tous les droits dont le propriétaire peut jouir, et il en jouit comme le propriétaire lui-même. — N. 578. 649.

599. Le propriétaire ne peut, par son fait ni de quelque manière que ce soit, nuire aux droits de l'usufruitier. — De son côté l'usufruitier ne peut, à la cessation de l'usufruit, réclamer aucune indemnité pour les améliorations qu'il prétendrait avoir faites, encore que la valeur de la chose en fût augmentée. — Il peut cependant, ou ses héritiers, enlever les glaces, tableaux et autres ornements qu'il aurait fait placer, mais à la charge de rétablir les lieux dans leur premier état. — N. 2236.

SECTION II. — *Des obligations de l'usufruitier*

600. L'usufruitier prend les choses dans l'état où elles sont, mais il ne peut entrer en jouissance qu'après avoir fait dresser, en présence du propriétaire, ou lui dûment appelé, un inventaire des meubles et un état des immeubles sujets à l'usufruit. — N. 385. 626. 950. 1533. 1562. 1580. — Pr. 942. s.

601. Il donne caution de jouir en bon père de famille, s'il n'en est dispensé par l'acte constitutif de l'usufruit; cependant, les père et mère ayant l'usufruit légal du bien de leurs enfants, le vendeur ou le donateur, sous réserve d'usufruit, ne sont pas tenus de donner caution. — N. 384. 949. 2018. 2040. — Pr. 517. s.

602. Si l'usufruitier ne trouve pas de caution, les immeubles sont donnés à ferme ou mis en séquestre; — les sommes comprises dans l'usufruit sont placées; — les denrées sont vendues, et le prix en provenant est pareillement placé; — les intérêts de ces sommes et le prix des fermes appartiennent, dans ce cas, à l'usufruitier. — N. 796. 805. 826. 1954. 2041. — P. 945. s.

603. A défaut d'une caution de la part de l'usufruitier, le propriétaire peut exiger que les meubles qui dépérissent par l'usage soient vendus, pour le prix en être placé comme celui des denrées, et alors l'usufruitier jouit de l'intérêt pendant son usufruit; cependant l'usufruitier pourra demander, et les juges pourront ordonner, suivant les circonstances, qu'une partie des meubles nécessaires pour son usage lui soit délaissée, sous sa simple caution juratoire, et à la charge de les représenter à l'extinction de l'usufruit.

604. Le retard de donner caution ne prive pas l'usufruitier des fruits auxquels il peut avoir droit; ils lui sont dus du moment où l'usufruit a été ouvert.

605. L'usufruitier n'est tenu qu'aux réparations d'entretien. — Les grosses réparations demeurent à la charge du propriétaire, à moins qu'elles n'aient été occasionnées par le défaut de réparations d'entretien, depuis l'ouverture de l'usufruit; auquel cas l'usufruitier en est tenu. — N. 608. 635. 1409.

606. Les grosses réparations sont celles des gros murs et des voûtes, le rétablissement des poutres et des couvertures entières; — celui des digues et des murs de soutènement et de clôture aussi en entier. — Toutes les autres réparations sont d'entretien.

607. Ni le propriétaire ni l'usufruitier ne sont tenus de rebâtir ce qui est tombé de vétusté, ou ce qui a été détruit par cas fortuit. — N. 855. 1158. 1733.

608. L'usufruitier est tenu, pendant sa jouissance, de toutes les charges annuelles de l'héritage, telles que les contributions et autres qui, dans l'usage, sont censées charges de fruits.

609. A l'égard des charges qui peuvent être imposées sur la propriété pendant la durée de l'usufruit, l'usufruitier et le propriétaire y contribuent ainsi qu'il suit: — Le propriétaire est obligé de les payer, l'usufruitier doit lui tenir compte des intérêts. — Si elles sont avancées par l'usufruitier, il a la répétition du capital à la fin de l'usufruit.

614. Si, pendant la durée de l'usufruit, un tiers commet quelque usurpation sur le fonds, ou attente autrement aux droits du propriétaire, l'usufruitier est tenu de le dénoncer à celui-ci: faute de ce, il est responsable de tout le dommage qui peut en résulter pour le propriétaire, comme il le serait des dégradations commises par lui-même. — N. 1768.

Des réparations. — La question des réparations se présente ici pour la première fois; elle se présentera encore à propos des maisons à loyer.

On entend par réparation l'acte qui consiste à maintenir une chose en bon état, de manière à ce qu'elle soit toujours en état de remplir la fonction à laquelle elle est destinée.

Refaire une chose complètement détruite n'est point réparer, mais reconstruire.

La réparation ne s'entend pas non plus de tout acte qui modifie en mieux l'état de la chose dont il s'agit; cet acte est une amélioration.

Qui dit réparer dit maintenir constamment en l'état primitif, ni plus ni moins.

En fait d'usufruit, les grosses réparations sont à la charge du propriétaire et les réparations d'entretien à la charge de l'usufruitier.

Grosses réparations à la charge du propriétaire. — Les grosses réparations s'entendent de la réfection d'une partie importante d'un édifice, partie nécessaire à l'existence de cet édifice.

C'est à l'usufruitier qu'il appartient de dénoncer au propriétaire le mauvais état de telle ou telle partie.

La grosse réparation reste à la charge de l'usufruitier si elle est de son fait, qu'elle provienne d'un défaut d'entretien ou d'un abus de jouissance.

Pour les grosses réparations, le propriétaire a le droit de prendre les matériaux qui se trouvent dans ou sur le fonds.

L'usufruitier est tenu de souffrir les grosses réparations, quelques inconvénients qu'il en résulte pour lui et quelle qu'en soit la durée, pourvu que cette durée ne dépasse pas un delai raisonnable que l'usufruitier peut faire déterminer en justice.

Les grosses réparations, a dit le Code, demeurent à la charge du propriétaire. Mais, ce dernier peut-il être contraint par l'usufruitier à les exécuter? C'est une question qui a donné lieu à des interprétations diverses; cependant, la solution généralement adoptée est la négative.

Le Code n'a pas dit : le nu-propriétaire est tenu de faire les grosses réparations, il a dit simplement : « les grosses réparations demeurent à la charge du propriétaire; » le propriétaire est simplement tenu de laisser jouir l'usufruitier, mais il n'est pas tenu d'assurer cette jouissance.

L'usufruitier a évidemment le droit de faire lui-même les grosses réparations, qui demeurent à la charge du nu-propriétaire, lequel devra en tenir compte lors de son entrée en jouissance, la valeur de ces grosses réparations étant constatée par expert lors de l'entrée du nu-propriétaire en jouissance.

Les héritiers de l'usufruitier ont, à la fin de l'usufruit, le droit de retenir l'immeuble jusqu'à ce qu'ils soient indemnisés des dépenses de grosses réparations.

En cas de ruine du bâtiment par défaut de grosses réparations, l'usufruitier, qui a laissé périr la chose, ne peut réclamer d'indemnité au propriétaire, mais celui-ci aurait à sa charge les indemnités qui pourraient être dues pour dégâts causés aux propriétés voisines.

Lorsque l'usufruitier exécute à ses frais de grosses réparations, il doit, pour sauvegarder l'avenir, en faire constater la nécessité et l'importance en présence du propriétaire ou lui légalement appelé.

Le nu-propriétaire peut toujours se décharger des grosses réparations en abandonnant son droit de propriété.

En tête des grosses réparations mises à la charge du nu-propriétaire, l'article 606 place les gros murs qui sont : tous les murs de face et de pignons, tous les refends et d'une manière générale tous les murs portant plancher, quelle que soit la matière dont ils sont construits.

Si un mur de clôture vient à s'écrouler complétement sur tout ou partie de sa longueur, c'est une grosse réparation; s'il ne se forme qu'une brèche, la fondation restant intacte, c'est une réparation d'entretien. Il y à là une appréciation réservée aux hommes de l'art.

Toutes les poutres principales, formant l'ossature des planchers, rentrent dans les grosses réparations.

Réparations d'entretien à la charge de l'usufruitier. — L'usufruitier doit entretenir les choses en l'état où il les a prises, état qu'il doit faire soigneusement constater avant son entrée en jouissance. En l'absence d'état de lieux, il est présumé avoir pris tout en bon état.

Il a droit de se servir des matériaux que renferme la propriété et les vieux matériaux remplacés sont à lui.

Le propriétaire a le droit absolu de contraindre l'usufruitier à exécuter les réparations d'entretien, car l'absence de ces menues réparations entraîneraient plus tard de grosses réparations qui tomberaient injustement à la charge du nu-propriétaire.

Est considéré comme réparation d'entretien tout ce qui n'est pas grosse réparation. Exemples : le recrépissement d'un mur, la réfection d'une brèche, la réfection d'un enduit quelconque, d'un chaperon, la réfection des cloisons légères purement séparatives; le rétablissement des sablières posées sur le sol, des lambourdes pour plafonds, des solives de remplissage qui supportent le plancher, la réfection des parquets et carrelages sont des réparations d'entretien. L'entretien des couvertures, mais non leur réfection complète, est à la charge de l'usufruitier.

On considère comme grosses réparations la reconstruction des cheminées renversées par le vent.

SECTION III. — *Comment l'usufruit prend fin*

617. L'usufruit s'éteint : par la mort naturelle et *par la mort civile* de l'usufruitier ; — par l'expiration du temps pour lequel il a été accordé ; — par la consolidation ou la réunion sur la même tête des deux qualités d'usufruitier et de propriétaire ; — par le non-usage du droit pendant trente ans ; — par la perte totale de la chose sur laquelle l'usufruit est établi. — N. 22. 25. 611. 619. 623. 624. 1209. 1300. 1982, 2236. 2262. — P. 18.

618. L'usufruit peut aussi cesser par l'abus que l'usufruitier fait de sa jouissance, soit en commettant des dégradations sur le fonds, soit en le laissant dépérir faute d'entretien. — Les créanciers de l'usufruitier peuvent intervenir dans leurs contestations pour la conservation de leurs droits; ils peuvent offrir la réparation des dégradations commises, et des garanties pour l'avenir. Les juges peuvent, suivant la gravité des circonstances, ou prononcer l'extinction absolue de l'usufruit, ou n'ordonner la rentrée du propriétaire dans la jouissance de l'objet qui en est grevé, que sous la charge de payer annuellement à l'usufruitier, ou à ses ayant-cause, une somme déterminée jusqu'à l'instant où l'usufruit aurait dû cesser. — N. 622. 1167. 2166.

621. La vente de la chose sujette à usufruit ne fait aucun changement dans le droit de l'usufruitier ; il continue de jouir de son usufruit s'il n'y a pas formellement renoncé.

622. Les créanciers de l'usufruitier peuvent faire annuler la renonciation qu'il aurait faite à leur préjudice. — 1167.

623. Si une partie seulement de la chose soumise à l'usufruit est détruite, l'usufruit se conserve sur ce qui reste.

624. Si l'usufruit n'est établi que sur un bâtiment, et que ce bâtiment soit détruit par un incendie ou autre accident, ou qu'il s'écroule de vétusté, l'usufruitier n'aura le droit de jouir ni du sol ni des matériaux. — Si l'usufruit était établi sur un domaine dont le bâtiment faisait partie, l'usufruitier jouirait du sol et des matériaux.

TITRE IV

DES SERVITUDES OU SERVICES FONCIERS

(Décrété le 31 janvier 1804. Promulgué le 10 février.)

637. Une servitude est une charge imposée sur un héritage pour l'usage et l'utilité d'un héritage appartenant à un autre propriétaire. — N. 2117.
638. La servitude n'établit aucune prééminence d'un héritage sur l'autre.
639. Elle dérive ou de la situation naturelle des lieux, ou des obligations imposées par la loi, ou des conventions entre les propriétaires.

CHAPITRE PREMIER

Des servitudes qui dérivent de la situation des lieux[1]

640. Les fonds inférieurs sont assujettis, envers ceux qui sont plus élevés, à recevoir les eaux qui en découlent naturellement *sans que la main de l'homme y ait contribué.* — N. 681. 701. 704. — Le propriétaire inférieur ne peut point élever de digue qui empêche cet écoulement. — Le propriétaire supérieur ne peut rien faire qui aggrave la servitude du fonds inférieur.

---

[1] 1° *Loi du* 29 *avril-1er mai* 1845.

1 Tout propriétaire qui voudra se servir, pour l'irrigation de ses propriétés, des eaux naturelles ou artificielles dont il a le droit de disposer, pourra obtenir le passage de ces eaux sur les fonds intermédiaires, à la charge d'une juste et préalable indemnité. — Sont exceptés de cette servitude les maisons, cours, jardins, parcs et enclos attenant aux habitations.

2. Les propriétaires des fonds inférieurs devront recevoir les eaux qui s'écoulent des terrains ainsi arrosés, sauf l'indemnité qui pourra leur être due. — Seront également exceptés de cette servitude les maisons, cours, jardins, parcs et enclos attenant aux habitations.

3. La même faculté de passage sur les fonds intermédiaires pourra être accordée au propriétaire d'un terrain submergé en tout ou en partie, à l'effet de procurer aux eaux nuisibles leur écoulement.

4. Les contestations auxquelles pourront donner lieu l'établissement de la servitude, la fixation du parcours de la conduite d'eau, de ses dimensions et de sa forme, et les indemnités dues, soit au propriétaire du fonds traversé, soit à celui du fonds qui recevra l'écoulement des eaux, seront portées devant les tribunaux, qui, en prononçant, devront concilier l'intérêt de l'opération avec le respect dû à la propriété. — Il sera procédé devant les tribunaux comme en matière sommaire, et, s'il y a lieu à expertise, il pourra n'être nommé qu'un seul expert.

5. Il n'est aucunement dérogé par les présentes dispositions aux lois qui règlent la police des eaux.

2° *Loi du* 11-15 *juillet* 1847.

1 Tout propriétaire qui voudra se servir, pour l'irrigation de ses propriétés, des eaux naturelles ou artificielles dont il a le droit de disposer, pourra obtenir la faculté d'appuyer sur la propriété du riverain opposé les ouvrages d'art nécessaires à sa prise d'eau, à la charge d'une juste et préalable indemnité. — Sont exceptés de cette servitude les bâtiments cours et jardins attenant aux habitations.

2. Le riverain sur le fonds duquel l'appui sera réclamé pourra toujours demander l'usage commun du barrage, en contribuant pour moitié aux frais d'établissement et d'entretien ; aucune indemnité ne sera respectivement due dans ce cas, et celle qui aurait été payée devra être rendue. — Lorsque cet usage commun ne sera réclamé qu'après le commencement ou la confection des travaux, celui qui le demandera devra supporter seul l'excédant de dépense auquel donneront lieu les changements à faire au barrage pour le rendre propre à l'irrigation des deux rives.

3. Les contestations auxquelles pourra donner lieu l'application des deux articles ci-dessus seront portées devant les tribunaux. — Il sera procédé comme en matière sommaire, et, s'il y a lieu à expertise, le tribunal pourra ne nommer qu'un seul expert.

4. Il n'est aucunement dérogé par les présentes dispositions aux lois qui règlent la police des eaux.

3° *Loi du* 10-15 *juin* 1854.

1. Tout propriétaire qui veut assainir son fonds par le drainage ou un autre mode d'asséchement, peut, moyennant une juste et préalable indemnité, en conduire les eaux souterrainement ou à ciel ouvert, à travers les propriétés qui séparent ce fonds d'un cours d'eau ou de toute autre voie d'écoulement. — Sont exceptés de cette servitude les maisons, cours, jardins, parcs et enclos attenant aux habitations.

Il y a même une aggravation de cette servitude, qui a été établie en faveur de l'irrigation par les lois du 29 avril 1845 et du 11 juillet 1847. Tout propriétaire, ayant la libre disposition d'eaux artificielles ou naturelles qu'il veut faire servir à l'irrigation de sa propriété, peut obtenir le passage de ces eaux sur les fonds intermédiaires à charge d'une juste et préalable indemnité.

En cas de discussion, la question de savoir si le passage doit être autorisé est réglée par le tribunal ainsi que l'indemnité.

Le droit d'irrigation entraîne le droit d'égout sur le fonds inférieur ; généralement l'indemnité sera nulle de ce fait, car les eaux seront plus utiles que nuisibles.

La loi excepte de cette servitude les maisons et les enclos y attenant.

La loi de 1847 a créé une autre servitude : tout individu, propriétaire d'une rive d'un cours d'eau, voulant établir un barrage d'irrigation, a le droit d'appuyer ce barrage sur l'autre rive, bien qu'elle ne lui appartienne pas.

Ces servitudes sont établies uniquement en vue de l'irrigation, il ne faut pas l'oublier.

641. Celui qui a une source dans son fonds peut en user à sa volonté, sauf le droit que le propriétaire du fonds inférieur pourrait avoir acquis par titre ou par prescription. — N. 642. 2281.

642. La prescription, dans ce cas, ne peut s'acquérir que par une jouissance non interrompue pendant l'espace de trente années, à compter du moment où le propriétaire du fonds inférieur a fait et terminé des ouvrages apparents destinés à faciliter la chute et le cours de l'eau dans sa propriété. — N. 2219.

643. Le propriétaire de la source ne peut en changer le cours, lorsqu'il fournit aux habitants d'une commune, village ou hameau l'eau qui leur est nécessaire ; mais si les habitants n'en ont pas acquis ou prescrit l'usage, le propriétaire peut réclamer une indemnité, laquelle est réglée par experts. N. 545. — P. 557.

644. Celui dont la propriété borde une eau courante autre que celle qui est déclarée dépendance du domaine public par l'article 538, au titre *de la Distinction des Biens*, peut s'en servir à son passage pour l'irrigation de ses propriétés. — Celui dont cette eau traverse l'héritage peut même en user dans l'intervalle qu'elle y parcourt, mais à la charge de la rendre, à la sortie de ses fonds, à son cours ordinaire.

---

2. Les propriétaires de fonds voisins ou traversés ont la faculté de se servir des travaux faits en vertu de l'article précédent, pour l'écoulement des eaux de leurs fonds. — Ils supportent dans ce cas, 1° une part proportionnelle dans la valeur des travaux dont ils profitent ; 2° les dépenses résultant des modifications que l'exercice de cette faculté peut rendre nécessaires ; et 3° pour l'avenir, une part contributive dans l'entretien des travaux devenus communs.

3. Les associations de propriétaires qui veulent au moyen de travaux d'ensemble, assainir leurs héritages par le drainage ou tout autre mode d'assèchement, jouissent des droits et supportent les obligations qui résultent des articles précédents. Ces associations peuvent, sur leur demande, être constituées, par arrêtés préfectoraux, en syndicats auxquels sont applicables les articles 3 et 4 de la loi du 14 floréal an XI.

4. Les travaux que voudraient exécuter les associations syndicales, les communes ou les départements, pour faciliter le drainage ou tout autre mode d'assèchement, peuvent être déclarés d'utilité publique par décret rendu en Conseil d'État. — Le règlement des indemnités dues pour expropriation est fait conformément aux paragraphes 2 et suivants de l'article 16 de la loi du 21 mai 1836.

5. Les contestations auxquelles peuvent donner lieu l'établissement et l'exercice de la servitude, la fixation du parcours des eaux, l'exécution des travaux de drainage ou d'assèchement, les indemnités et les frais d'entretien, sont portés en premier ressort devant le juge de paix du canton, qui, en prononçant, doit concilier les intérêts de l'opération avec le respect dû à la propriété. — S'il y a lieu à expertise, il pourra n'être nommé qu'un seul expert.

6. La destruction totale ou partielle des conduits d'eau ou fossés évacuateurs est punie des peines portées à l'article 456 du Code pénal. — Tout obstacle apporté volontairement au libre écoulement des eaux est puni des peines portées par l'article 457 du même Code. — L'article 463 du Code pénal peut être appliqué.

7. Il n'est aucunement dérogé aux lois qui règlent la police des eaux.

645. S'il s'élève une contestation entre les propriétaires auxquels ces eaux peuvent être utiles, les tribunaux, en prononçant, doivent concilier l'intérêt de l'agriculture avec le respect dû à la propriété ; et, dans tous les cas, les règlements particuliers et locaux sur le cours et l'usage des eaux doivent être observés.

646. Tout propriétaire peut obliger son voisin au bornage de leurs propriétés contiguës. Le bornage se fait à frais communs. — Pr. 3. 38. — P. 389. 456.

Le procès-verbal de bornage, rédigé en double expédition, est signé par les deux propriétaires voisins qui gardent chacun une expédition.

Les limites sont indiquées par des lignes, suivant lesquelles on place deux ou plusieurs bornes; l'axe de ces bornes doit être dans la direction de la ligne. Les bornes doivent être solides et enfoncées assez profondément pour que la charrue ne les dérange point. On place d'ordinaire sous les bornes, au fond du trou creusé pour les recevoir, ce qu'on appelle un témoin, destiné à bien indiquer que la borne est une limite de propriété; le témoin est habituellement un tuileau cassé en plusieurs morceaux.

647. Tout propriétaire peut clore son héritage, sauf l'exception portée en l'art. 682. — P. 456.

CHAPITRE II

Des servitudes établies par la loi

649. Les servitudes établies par la loi ont pour objet l'utilité publique ou communale, ou l'utilité des particuliers. — N. 545.

650. Celles établies pour l'utilité publique ou communale ont pour objet le marchepied le long des rivières navigables ou flottables, la construction ou réparation des chemins ou autres ouvrages publics ou communaux. — Tout ce qui concerne cette espèce de servitude est déterminé par des lois ou des règlements particuliers.

651. La loi assujettit les propriétaires à différentes obligations l'un à l'égard de l'autre, indépendamment de toute convention.

652. Partie de ces obligations est réglée par les lois sur la police rurale. — Les autres sont relatives au mur et au fossé mitoyens, au cas où il y a lieu à contre-mur, aux vues sur la propriété du voisin, à l'égout des toits, au droit de passage.

SECTION I. — *Du mur et du fossé mitoyens*

653. Dans les villes et les campagnes, tout mur servant de séparation entre bâtiments jusqu'à l'héberge, ou entre cours et jardins, et même entre enclos dans les champs, est présumé mitoyen, s'il n'y a titre ou marque du contraire. — N. 1350. 1352.

S'il y a titre, aucune difficulté ne se présente et le mur est mitoyen sur la hauteur définie par le titre; en cas de mitoyenneté non définie, il faut entendre qu'elle s'applique à toute la hauteur du mur.

A défaut de titre, la mitoyenneté s'acquiert par la prescription trentenaire, au moyen de faits constituant la jouissance commune du mur pendant trente années consécutives.

D'une manière générale, la mitoyenneté se présume ; c'est à celui qui la refuse de prouver la non-mitoyenneté.

Le mot héberge, qui vient d'héberger, couvrir, s'entend de la hauteur du mur réellement commune aux deux bâtiments adossés. Si les deux bâtiments sont égaux en hauteur le mur est mitoyen sur toute sa hauteur : si les deux bâtiments sont inégaux, le mur n'est mitoyen que pour l'héberge, c'est-à-dire jusqu'au sommet du plus petit bâtiment; la surélévation appartient en propre au

propriétaire du bâtiment le plus élevé, à moins de titre indiquant la mitoyenneté auquel cas elle s'étend sur toute la hauteur.

Lorsque les cheminées du bâtiment le moins haut s'élèvent sur toute la hauteur du mur, celui-ci est présumé mitoyen a l'emplacement des cheminées

Lorsque d'un côté il y a un bâtiment et de l'autre un jardin, un enclos, que présumer de la mitoyenneté ? A moins de signes indiquant l'existence d'un bâtiment accolé au premier et actuellement démoli, il semble évident que le mur appartient en entier au propriétaire du bâtiment, qui, seul, avait intérêt à le construire. Cette interprétation ne souffre pas de difficulté dans les campagnes; mais dans les bourgs et villes, la coutume permet fréquemment à un propriétaire d'obliger son voisin à construire un mur de clôture à frais communs, aussi quelques auteurs prétendent qu'alors le mur doit être présumé mitoyen jusqu'à hauteur de clôture. Mieux vaut s'en tenir, croyons-nous, à la première interprétation, et admettre la non mitoyenneté ; c'est ce que la jurisprudence paraît avoir établi.

S'il y a sur une ligne de clôture un bâtiment et un mur, le bâtiment sera présumé mitoyen jusqu'à hauteur de clôture légale, et à 1 mètre de profondeur au-dessous du sol. La hauteur de clôture légale est fixée, suivant les pays, à 3m,25 ou à 2m,60.

Lorsqu'un mur est mitoyen, la ligne séparative des deux héritages se prend au pied du mur et au milieu de l'épaisseur, sans tenir compte du fruit que peuvent posséder les faces du mur.

654. Il y a marque de non-mitoyenneté, lorsque la sommité du mur est droite et à plomb de son parement d'un côté, et présente de l'autre un plan incliné ; — lors encore qu'il n'y a que d'un côté ou un chaperon ou des filets et corbeaux de pierre qui y auraient été mis en bâtissant le mur. — Dans ces cas, le mur est censé appartenir exclusivement au propriétaire du côté duquel sont l'égout ou les corbeaux et filets de pierre. — N. 691. 1350. 1352.

Le chaperon est la toiture placée sur le mur pour rejeter les eaux en dehors ; chacun doit s'égoutter sur son fonds, donc un mur mitoyen a un chaperon à deux versants.

Les corbeaux sont des pierres saillantes placées de place en place dans le mur à mesure qu'il s'élève, ils servent à supporter les échafaudages. Ne pas les confondre avec les harpes ou amorces de pierre de taille qu'on ménage aux extrémités des murs de bâtiment, afin de permettre au voisin de souder une construction nouvelle à la première sans entamer celle-ci.

Les corbeaux doivent être en pierre et non en plâtre, et placés pendant la construction de l'édifice.

Les signes de mitoyenneté peuvent être détruits par un signe de non mitoyenneté.

655. La réparation et la reconstruction du mur mitoyen sont à la charge de tous ceux qui y ont droit, et proportionnellement au droit de chacun.

656. Cependant tout co-propriétaire d'un mur mitoyen peut se dispenser de contribuer aux réparations et reconstructions en abandonnant le droit de mitoyenneté, pourvu que le mur mitoyen ne soutienne pas un bâtiment qui lui appartienne.

Les réfections qui s'appliquent aux portions de mur non communes sont toujours à la charge de celui à qui ces parties appartiennent; il supporte donc la

moitié de la dépense des parties mitoyennes et la dépense totale des parties qui sont tout entières à lui.

Un des propriétaires ne peut pas exiger que le mur soit reconstruit exactement avec les mêmes dimensions et matériaux que l'ancien ; il ne peut exiger que la hauteur de clôture légale, ainsi que l'épaisseur et les matériaux en rapport avec l'habitude du pays et les règles de l'art.

Le mur mitoyen séparant des édifices doit être reconstruit, dès qu'il est en surplomb de plus de la moitié de son épaisseur.

Un propriétaire ne peut commencer les travaux sans le consentement du voisin, et, à défaut de consentement, sans un jugement ou une ordonnance de référé.

Il va sans dire que chacun est tenu de réparer les dégradations au mur mitoyen, qui proviennent de son fait seul.

Lorsqu'on obtient l'abandon de la mitoyenneté, il faut avoir soin de le faire constater par un titre, sans quoi la mitoyenneté serait toujours présumée dans l'avenir.

Lorsqu'un des voisins a poussé la fondation du mur profondément pour établir par exemple des caves, l'autre ne doit contribuer que dans la moitié de la fondation jusqu'au bon sol.

Toutes les fois qu'on exécute un travail à un mur mitoyen, on doit en prévenir tous les intéressés, et lorsque le travail est exécuté on doit remettre tout en l'état primitif.

L'épaisseur ordinaire d'un mur mitoyen, dans une construction de Paris, est de $0^m,50$ pour le fût et $0^m,65$ pour la fondation.

657. Tout co-propriétaire peut faire bâtir contre un mur mitoyen, et y faire placer des poutres et solives dans toute l'épaisseur du mur, à cinquante-quatre millimètres (deux pouces) près, sans préjudice du droit qu'à le voisin de faire réduire à l'ébauchoir la poutre jusqu'à la moitié du mur, dans le cas où il voudrait lui-même asseoir des poutres dans le même lieu, ou y adosser une cheminée.

D'après la coutume de Paris, on devait poser les poutres engagées dans un mur mitoyen sur une chaîne en pierre de taille ou sur un corbeau en pierre de taille ; on n'était dispensé de cette précaution qu'en plaçant à $1^m,50$ en avant du mur un poteau en pierre, en bois ou en métal, soulageant la poutre.

Cette disposition ne paraît plus exigible ; il suffit que l'on prenne des mesures pour ne pas affaiblir sensiblement le mur mitoyen.

Il va sans dire que, lorsqu'on loge des poutres dans un mur, il faut, pour les pousser jusqu'à 54 millimètres du voisin, percer le mur de part en part et réparer soigneusement l'ouverture du côté du voisin.

Lorsqu'on ne veut pas payer la mitoyenneté d'un mur ou aller travailler chez le voisin, on soutient son édifice par un contre-mur ou par un pan de bois juxtaposé ; mais il ne faut toucher en aucun point le mur non mitoyen et n'y prendre aucun point d'appui.

Si l'égout de la toiture est dirigé vers le mur mitoyen, on doit construire un chéneau pour conduire les eaux au dehors et les empêcher de dégrader la maçonnerie du mur mitoyen.

Sur un mur non mitoyen on peut appliquer des enduits, car on ne le détériore pas en agissant ainsi ; mais on ne doit rien y appliquer qui puisse causer quelque dégradation ; les treillages et espaliers par exemple sont interdits.

658. Tout co-propriétaire peut faire exhausser le mur mitoyen, mais il doit payer seul la dépense de l'exhaussement, les réparations d'entretien au-dessus de la hauteur de la clôture commune, en outre l'indemnité de la charge en raison de l'exhaussement et suivant la valeur.

659. Si le mur mitoyen n'est pas en état de supporter l'exhaussement, celui qui veut l'exhausser doit le faire reconstruire en entier à ses frais, et l'excédant d'épaisseur doit se prendre de son côté.

660. Le voisin qui n'a pas contribué à l'exhaussement peut en acquérir la mitoyenneté en payant la moitié de la dépense qu'il a coûté, et la valeur de la moitié du sol fourni pour l'excédant d'épaisseur, s'il y en a.

661. Tout propriétaire joignant un mur, a de même la faculté de le rendre mitoyen en tout ou en partie, en remboursant au maître du mur la moitié de sa valeur, ou la moitié de la valeur de la portion qu'il veut rendre mitoyenne, et moitié de la valeur du sol sur lequel le mur est bâti.

Quand un mur mitoyen est mauvais et ne peut être exhaussé, celui qui demande l'exhaussement peut exiger qu'il soit fait à frais communs ; mais il paiera toujours l'indemnité de surcharge et en outre toutes les dépenses qu'occasionne le supplément de résistance à donner au mur.

Le propriétaire qui exhausse ne doit pas l'indemnité au voisin pour l'embarras qu'il lui cause, mais il doit remettre toutes choses en état primitif.

Dans certains cas, il sera prudent de faire fixer par experts la durée des travaux.

Il n'est point permis d'exhausser un mur mitoyen par exemple en établissant un pan de bois sur la moitié de l'épaisseur de ce mur ; la surcharge n'en existe pas moins, le mur primitif est dans de mauvaises conditions de résistance et on commet un empiétement sur une propriété indivise.

Celui des deux propriétaires qui n'a pas contribué à l'exhaussement ne peut en aucune façon s'en servir.

L'article 661, bien qu'il semble léser les droits de la propriété privée, est fort logique ; il a été rédigé au point de vue de l'utilité publique, qui veut qu'on ne construise pas deux murs et qu'on ne perde pas deux espaces de terrain, là où un seul peut suffire.

On ne peut acquérir la mitoyenneté du mur d'un édifice public, tel qu'une église ; car cet édifice n'est pas dans le commerce et ne peut être aliéné par personne.

Après avoir fait abandon de la mitoyenneté, on peut la reprendre en payant la moitié du mur et la moitié du terrain.

La mitoyenneté ne peut s'acquérir que par le propriétaire dont le fonds touche immédiatement, sans aucun intervalle, le mur à rendre mitoyen.

Le prix à payer pour acquérir la mitoyenneté est fixé non d'après la dépense primitive, mais d'après la valeur actuelle, à dire d'experts.

Avant que l'acquéreur de la mitoyenneté puisse se servir du mur, il doit en payer le prix intégralement.

On n'est pas forcé d'acheter la mitoyenneté sur toute la hauteur du mur ; le moins qu'on puisse faire est d'acheter la moitié des fondations et du terrain et la hauteur de clôture légale.

Celui qui acquiert la mitoyenneté d'un mur le prend en l'état où il se trouve ; il n'a pas le droit de demander la démolition des ouvrages adossés précédemment à ce mur par le voisin, pourvu que ces ouvrages ne nuisent pas à la solidité dudit mur.

Lorsqu'on achète la mitoyenneté d'un mur, on peut faire fermer, nonobstant toute prescription, les jours de souffrance ménagés dans ce mur.

Il ne saurait en être de même des fenêtres ouvrantes, dont l'existence est consacrée soit par un titre ancien, soit par la prescription.

662. L'un des voisins ne peut pratiquer dans le corps d'un mur mitoyen aucun enfoncement, ni y appliquer ou appuyer aucun ouvrage sans le consentement de l'autre, ou sans avoir, à son refus, fait régler par experts les moyens nécessaires pour que le nouvel ouvrage ne soit pas nuisible au droit de l'autre.

663. Chacun peut contraindre son voisin, dans les villes et faubourgs, à contribuer aux constructions et réparations de clôture faisant séparation de leurs maisons, cours et jardins assis ès-dites villes et faubourgs : la hauteur de la clôture sera fixée suivant les règlements particuliers ou les usages constants et reconnus; et, à défaut d'usages et de règlements, tout mur de séparation entre voisins, qui sera construit ou rétabli à l'avenir, doit avoir au moins trente-deux décimètres (dix pieds) de hauteur, compris le chaperon, dans les villes de cinquante mille âmes et au-dessus, et vingt-six décimètres (huit pieds) dans les autres.

664. Lorsque les différents étages d'une maison appartiennent à divers propriétaires, si les titres de propriété ne règlent pas le mode de réparations et reconstructions, elles doivent être faites ainsi qu'il suit : — Les gros murs et le toit sont à la charge de tous les propriétaires, chacun en proportion de la valeur de l'étage qui lui appartient. — Le propriétaire de chaque étage fait le plancher sur lequel il marche. — Le propriétaire du premier étage fait l'escalier qui y conduit; le propriétaire du second étage fait, à partir du premier, l'escalier qui conduit chez lui, et ainsi de suite.

665. Lorsqu'on reconstruit un mur mitoyen ou une maison, les servitudes actives et passives se continuent à l'égard du nouveau mur ou de la nouvelle maison, sans toutefois qu'elles puissent être aggravées; et pourvu que la reconstruction se fasse avant que la prescription soit acquise.

666. Tous fossés entre deux héritages sont présumés mitoyens, s'il n'y a titre ou marque du contraire. — P. 456.

667. Il y a marque de non-mitoyenneté lorsque la levée ou le rejet de la terre se trouve d'un côté seulement du fossé.

668. Le fossé est censé appartenir exclusivement à celui du côté duquel le rejet se trouve.

669. Le fossé mitoyen doit être entretenu à frais communs.

670. Toute haie qui sépare des héritages est réputée mitoyenne à moins qu'il n'y ait qu'un seul des héritages en état de clôture, ou s'il n'y a titre ou possession suffisante au contraire. — N. 671. 672.

671. Il n'est permis de planter des arbres de haute tige qu'à la distance prescrite par les règlements particuliers actuellement existants, ou par les usages constants et reconnus; et, à défaut de règlements et usages, qu'à la distance de deux mètres de la ligne séparative des deux héritages pour les arbres à haute tige, et à la distance d'un demi-mètre pour les autres arbres et haies vives.

672. Le voisin peut exiger que les arbres et haies plantés à une moindre distance soient arrachés. — Celui sur la propriété duquel avancent les branches des arbres du voisin peut contraindre celui-ci à couper ces branches. — Si ce sont les racines qui avancent sur son héritage, il a le droit de les y couper lui-même.

673. Les arbres qui se trouvent dans la haie mitoyenne sont mitoyens comme la haie; et chacun des deux propriétaires a droit de requérir qu'ils soient abattus.

A Paris, l'ancienne coutume ne prescrivait aucune distance pour planter les arbres; l'usage s'est maintenu et il n'y a pas lieu d'observer la distance légale.

SECTION II. — *De la distance et des ouvrages intermédiaires requis pour certaines constructions*

674. Celui qui fait creuser un puits ou une fosse d'aisance près d'un mur mitoyen ou non; — celui qui veut y construire cheminée ou âtre, forge, four ou fourneau, — y

adosser une étable, — ou établir contre ce mur un magasin de sel ou amas de matières corrosives, — est obligé de laisser la distance prescrite par les règlements et usages particuliers sur ces objets, ou à faire les ouvrages prescrits par les mêmes règlements et usages, pour éviter de nuire au voisin. — N. 1382. 1756.

D'après la coutume de Paris, le contre-mur pour fosse d'aisances et de $0^m,32$; la distance entre les parois intérieures d'un puits et d'une fosse doit être d'au moins $1^m,30$, et d'au moins 1 mètre entre les parois de deux puits voisins.

D'après l'article 188 de la coutume de Paris, il faut établir dans les étables, le long du mur mitoyen, un contre-mur de 8 pouces ($0^m,22$) d'épaisseur et dont la hauteur atteigne le niveau des mangeoires. On doit étendre cette prescription à tout mur susceptible d'être endommagé par le fumier.

Il va sans dire aussi que le contre-mur doit être enraciné assez profondément dans le sol pour mettre les fondations du mur mitoyen à l'abri de toute action corrosive.

Pour les dépôts de sels ou de matières corrosives, le contre-mur doit avoir un pied d'épaisseur et occuper toute la hauteur du bâtiment.

Cheminées. — On ne peut adosser une cheminée à un mur sans en avoir acheté la mitoyenneté; outre la largeur nécessaire au coffre, on achète de chaque côté un pied de large, ce qu'on appelle le pied d'aile.

A Paris, il est défendu d'accoler des cheminées à des murs en pans de bois, même avec un contre-mur, même avec le consentement du voisin.

L'âtre ou partie de la cheminée sur laquelle reposent les cendres doit être isolé des poutres et chevêtres, comme nous l'avons montré en traitant des planchers en bois.

Le contre-cœur, ou contre-mur interposé entre le mur mitoyen et la cheminée, doit, d'après l'article 189 de la coutume de Paris, être fait de tuilots ou autres choses suffisantes et de demi-pied ($0^m,16$) d'épaisseur. Ce contre-mur ne doit pas être incorporé au mur mitoyen; il est même avantageux de laisser derrière un espace vide, car l'air forme un matelas qui s'oppose à la propagation de la chaleur. C'est aujourd'hui une coutume générale de remplacer le contre-cœur par une plaque de fonte appliquée contre le mur mitoyen ou distante d'un pouce ou deux.

Les jambages ou murs latéraux de la cheminée doivent être écartés d'au moins $0^m,16$ de toute pièce de bois.

Le manteau, ou pièce horizontale qui couronne les jambages, ne doit pas être fait en bois.

Lorsque la retombée d'une voûte repose sur un mur mitoyen, il faut placer en avant un contre-mur d'épaisseur suffisante pour résister à la poussée, de telle sorte que celle-ci n'influe pas sur le mur mitoyen. De même, lorsque deux terrains sont naturellement en contre-bas l'un de l'autre, c'est au propriétaire du fonds supérieur de construire le contre-mur qui doit résister à la poussée des terres; si la dénivellation était le fait du propriétaire du fonds inférieur, le mur de soutènement serait au contraire à sa charge.

Un contre-mur ne doit pas être incorporé au mur mitoyen, tout au plus peut-on ménager dans celui-ci quelques boutisses pénétrant dans celui-là.

SECTION III. — *Des vues sur la propriété de son voisin*

675. L'un des voisins ne peut, sans le consentement de l'autre, pratiquer dans le mur mitoyen aucune fenêtre ou ouverture, en quelque manière que ce soit, même à verre dormant.

676. Le propriétaire d'un mur non mitoyen joignant immédiatement l'héritage d'autrui peut pratiquer dans ce mur des jours ou fenêtres à fer maillé et verre dormant. — Ces fenêtres doivent être garnies d'un treillis de fer dont les mailles auront un décimètre (environ trois pouces huit lignes) d'ouverture au plus, et d'un châssis à verre dormant.

677. Ces fenêtres ou jours ne peuvent être établis qu'à vingt-six décimètres (huit pieds) au-dessus du plancher ou sol de la chambre qu'on veut éclairer, si c'est au rez-de-chaussée, et à dix-neuf décimètres (six pieds) au-dessus du plancher pour les étages supérieurs.

678. On ne peut avoir des vues droites ou fenêtres d'aspect, ni balcons ou autres semblables saillies, sur l'héritage clos ou non clos de son voisin, s'il n'y a dix-neuf décimètres (six pieds) de distance entre le mur où on les pratique et ledit héritage.

679. On ne peut avoir des vues par côté ou obliques sur le même héritage, s'il n'y a six décimètres (deux pieds) de distance.

680. La distance dont il est parlé dans les deux articles précédents se compte, depuis le parement extérieur du mur où l'ouverture se fait, et, s'il y a balcons ou autres semblables saillies, depuis leur ligne extérieure jusqu'à la ligne de séparation des deux propriétés.

Les articles précédents portent une atteinte au droit de propriété, mais cette atteinte est parfaitement justifiée : chacun ne doit jouir de son fonds que jusqu'au point où il ne gêne pas la jouissance du voisin.

D'abord, dans un mur mitoyen, on ne peut pratiquer aucune baie sans le consentement du voisin; ce consentement écrit constitue un titre et établit une servitude, à moins qu'il n'y soit spécifié que l'autorisation est donnée à titre de complaisance et de pure tolérance.

On appelle verre dormant un verre maintenu par du plâtre ou du mastic de manière à ne pouvoir être enlevé.

Les fenêtres ouvrantes ne peuvent être établies dans un mur, si ce n'est à six pieds (19 décimètres) de la propriété voisine. Cet intervalle suffit pour que les fenêtres s'ouvrent entièrement sur la propriété à laquelle elles appartiennent et, si le voisin est incommodé de la vue directe, il n'a qu'à élever suffisamment le mur de clôture; ses droits seront ainsi sauvegardés.

La même distance est applicable aux balcons; non-seulement la ligne qui limite le balcon en avant doit être à six pieds de la propriété voisine, mais il doit en être de même des lignes latérales qui, elles aussi, constituent des vues droites.

Ces distances doivent être observées même lorsqu'il s'agit d'un terrain vague, non enclos.

Il va sans dire que l'on peut ouvrir des fenêtres à moins de $1^m,90$ du voisin, si on élève en avant sur son propre fonds un mur dont la hauteur dépasse les fenêtres; le voisin n'est de la sorte nullement incommodé, mais la prescription ne s'acquiert point de la sorte et le jour où le mur disparaît le voisin a le droit de faire remplacer la fenêtre ouvrante par un jour dormant.

En ce qui touche les jours dormants, leur hauteur au-dessus du plancher de l'étage qu'ils éclairent est seule fixée; leurs autres dimensions sont arbitraires.

Les ouvertures et lucarnes ménagées dans un toit et regardant le ciel ne nuisent pas aux voisins et ne doivent pas forcément être placées à la distance légale.

Il importe, avant d'établir des ouvertures, de faire déterminer la limite séparative des propriétés, afin de n'être point exposé à boucher ses fenêtres dans l'avenir.

Les vues droites peuvent s'acquérir par la prescription trentenaire, et lorsqu'elles sont acquises, le voisin ne peut plus élever un mur qu'à la distance légale de 1m,90.

On établit quelquefois par titres ce qu'on appelle une vue de prospect ou d'agrément ; elle empêche le voisin de rien changer au paysage jusqu'à une certaine distance, par exemple de masquer la vue par des bouquets d'arbres. Une pareille servitude ne peut résulter que d'un titre.

SECTION IV. — *De l'égout des toits*

681. Tout propriétaire doit établir des toits de manière que les eaux pluviales s'écoulent sur son terrain ou sur la voie publique; il ne peut les faire verser sur le fonds de son voisin.

Lorsque les eaux pluviales sont conduites à la voie publique, on doit se conformer à tous les règlements municipaux pris dans l'intérêt général de la circulation et de la conservation des rues.

La prescription de ne point verser les eaux pluviales sur la propriété voisine est absolue et doit être observée quelle que soit la nature de cette propriété voisine.

Les eaux pluviales une fois arrivées au sol peuvent suivre la pente naturelle du terrain et s'écouler sur le fonds voisin, conformément à l'article 640.

SECTION V. — *Du droit de passage*

682. Le propriétaire dont les fonds sont enclavés. et qui n'a aucune issue sur la voie publique, peut réclamer un passage sur les fonds de ses voisins, pour l'exploitation de son héritage, à la charge d'une indemnité proportionnée au dommage qu'il peut occasionner. — P. 471. 475.

683. Le passage doit régulièrement être pris du côté où le trajet est le plus court du fonds enclavé à la voie publique.

684. Néanmoins il doit être fixé dans l'endroit le moins dommageable à celui sur le fonds duquel il est accordé.

685. L'action en indemnité, dans le cas prévu par l'art. 682, est prescriptible, et le passage doit être continué, quoique l'action en indemnité ne soit plus recevable.

Les fonds complétement enclavés sont bien rares, cependant ils peuvent se produire accidentellement.

Du moment qu'il existe un passage, quelque incommode qu'il soit, on n'a pas le droit d'en réclamer un autre.

D'après l'article 684, le passage doit être pris à l'endroit où il est le moins dommageable; on l'établira donc plutôt sur un terrain vague qu'à travers un clos ou une maison.

Le terrain, livré pour le passage, reste la propriété de celui qui le fournit, et il peut en jouir, lui aussi, du moment qu'il n'entrave pas la servitude concédée, servitude qui se borne au droit de passage.

Le passage peut être changé de place, sur la demande du propriétaire du fonds sur lequel il est établi ; lorsqu'il a besoin du terrain pour faire des constructions avantageuses et qu'il offre un passage aussi commode.

Si la nécessité qui avait forcé à ouvrir le passage venait à disparaître par suite de modifications à l'état des lieux, le passage pourrait être supprimé.

Tour de l'échelle. — Le tour de l'échelle est la servitude qui permet à un

propriétaire de passer sur le fonds du voisin pour réparer son mur de clôture ou le mur de son bâtiment.

Quelquefois, en bâtissant, le propriétaire primitif a réservé au delà de son mur un espace libre, de trois pieds ou d'un mètre ; cet espace lui appartient alors et il a le droit d'en disposer comme il l'entend.

Certaines coutumes établissaient formellement la servitude du tour d'échelle, même quand le terrain au delà du mur était entièrement la propriété du voisin. La coutume de Paris n'en parle pas, et le Code civil non plus.

Or, l'article 691 du Code civil dit que les servitudes discontinues et non apparentes ne peuvent s'acquérir que par un titre ; le tour d'échelle est une servitude discontinue et non apparente au premier chef ; elle ne peut donc s'acquérir que par un titre.

Lorsque le tour d'échelle est établi en vertu d'une ancienne coutume antérieure au code, il doit être maintenu, la loi n'ayant pas d'effet rétroactif.

Lorsque le propriétaire en construisant son mur a réservé en avant un tour d'échelle qui reste sa propriété comme nous l'avons dit plus haut, ce tour d'échelle porte le nom de ceinture, échellage ou investison, il est constaté par un titre. La largeur ordinaire est de trois pieds ($0^m,95$) ; mais quelle que soit cette largeur, les relations du voisinage doivent se régler comme si le mur n'existait pas.

CHAPITRE III

Des servitudes établies par le fait de l'homme

SECTION I. — *Des diverses espèces de servitudes qui peuvent être établies sur les biens*

686. Il est permis aux propriétaires d'établir, sur leurs propriétés, ou en faveur de leurs propriétés, telles servitudes que bon leur semble, pourvu néanmoins que les services établis ne soient imposés ni à la personne ni en faveur de la personne, mais seulement à un fonds et pour un fonds, et pourvu que ces services n'aient d'ailleurs rien de contraire à l'ordre public. — L'usage et l'étendue des servitudes ainsi établies se règlent par le titre qui les constitue ; à défaut de titre, par les règles ci-après. — N. 6. 544. 708. 1133. 2177.

687. Les servitudes sont établies ou pour l'usage des bâtiments, ou pour celui des fonds de terre. — Celles de la première espèce s'appellent *urbaines*, soit que les bâtiments auxquels elles sont dues soient situés à la ville ou à la campagne. — Celles de la seconde espèce se nomment *rurales*.

688. Les servitudes sont ou continues ou discontinues. — Les servitudes continues sont celles dont l'usage est ou peut être continuel sans avoir besoin du fait actuel de l'homme : tels sont les conduites d'eau, les égouts, les vues et autres de cette espèce. — Les servitudes discontinues sont celles qui ont besoin du fait actuel de l'homme, pour être exercées : tels sont les droits de passage, puisage, pacage et autres semblables.

689. Les servitudes sont apparentes ou non apparentes. — Les servitudes apparentes sont celles qui s'annoncent par des ouvrages extérieurs, tels qu'une porte, une fenêtre, un aqueduc. — Les servitudes non apparentes sont celles qui n'ont pas de signes extérieurs de leur existence, comme, par exemple, la prohibition de bâtir sur un fonds, ou de ne bâtir qu'à une hauteur déterminée.

SECTION II. — *Comment s'établissent les servitudes*

690. Les servitudes continues et apparentes s'acquièrent par titre, ou par la possession de trente ans. — N. 2177. 2235.

691. Les servitudes continues non apparentes et les servitudes discontinues apparentes ou non apparentes, ne peuvent s'établir que par titres. — La possession même

immémoriale ne suffit pas pour les établir, sans cependant qu'on puisse attaquer aujourd'hui les servitudes de cette nature déjà acquises par la possession, dans les pays où elles pouvaient s'acquérir de cette manière.

692. La destination du père de famille vaut titre à l'égard des servitudes continues et apparentes. — N. 694.

693. Il n'y a destination du père de famille que lorsqu'il est prouvé que les deux fonds actuellement divisés ont appartenu au même propriétaire, et que c'est par lui que les choses ont été mises dans l'état duquel résulte la servitude.

694. Si le propriétaire de deux héritages entre lesquels il existe un signe apparent de servitude, dispose de l'un des héritages sans que le contrat contienne aucune convention relative à la servitude, elle continue d'exister activement ou passivement en faveur du fonds aliéné ou sur le fonds aliéné.

695. Le titre constitutif de la servitude, à l'égard de celles qui ne peuvent s'acquérir par la prescription, ne peut être remplacé que par un titre recognitif de la servitude, et émané du propriétaire du fonds asservi.

696. Quand on établit une servitude, on est censé accorder tout ce qui est nécessaire pour en user. — Ainsi la servitude de puiser de l'eau à la fontaine d'autrui emporte nécessairement le droit de passage.

SECTION III. — *Des droits du propriétaire du fonds auquel la servitude est due.*

697. Celui auquel est due une servitude a droit de faire tous les ouvrages nécessaires pour en user et pour la conserver.

698. Ces ouvrages sont à ses frais, et non à ceux du propriétaire du fonds assujetti, à moins que le titre d'établissement de la servitude ne dise le contraire.

699. Dans le cas même où le propriétaire du fonds assujetti est chargé par le titre de faire à ses frais les ouvrages nécessaires pour l'usage ou la conservation de la servitude, il peut toujours s'affranchir de la charge en abandonnant le fonds assujetti au propriétaire du fonds auquel la servitude est due.

700. Si l'héritage pour lequel la servitude a été établie vient à être divisé, la servitude reste due pour chaque portion, sans néanmoins que la condition du fonds assujetti soit aggravée : ainsi, par exemple, s'il s'agit d'un droit de passage, tous les copropriétaires seront obligés de l'exercer par le même endroit.

701. Le propriétaire du fonds débiteur de la servitude ne peut rien faire qui tende à en diminuer l'usage ou à le rendre plus incommode. — Ainsi, il ne peut changer l'état des lieux, ni transporter l'exercice de la servitude dans un endroit différent de celui où elle a été primitivement assignée. — Mais cependant, si cette assignation primitive était devenue plus onéreuse au propriétaire du fonds assujetti, ou si elle l'empêchait de faire des réparations avantageuses, il pourrait offrir au propriétaire de l'autre fonds un endroit aussi commode pour l'exercice de ses droits, et celui-ci ne pourrait pas le refuser.

702. De son côté celui qui a un droit de servitude ne peut en user que suivant son titre, sans pouvoir faire, ni dans le fonds qui doit la servitude, ni dans le fonds à qui elle est due, de changement qui aggrave la condition du premier.

SECTION IV. — *Comment les servitudes s'éteignent*

703. Les servitudes cessent lorsque les choses se trouvent en tel état qu'on ne peut plus en user.

704. Elles revivent, si les choses sont rétablies de manière qu'on puisse en user; à moins qu'il ne se soit déjà écoulé un espace de temps suffisant pour faire présumer l'extinction de la servitude, ainsi qu'il est dit à l'art. 707.

705. Toute servitude est éteinte lorsque le fonds à qui elle est due et celui qui la doit sont réunis dans la même main.

706. La servitude est éteinte par le non usage pendant trente ans. — N. 2019. s.

707. Les trente ans commencent à courir selon les diverses espèces de servitudes, ou

du jour où l'on a cessé d'en jouir, lorsqu'il s'agit des servitudes discontinues, ou du jour où il a été fait un acte contraire à la servitude, lorsqu'il s'agit de servitudes continues.

708. Le mode de la servitude peut se prescrire comme la servitude même, et de la même manière.

709. Si l'héritage en faveur duquel la servitude est établie appartient à plusieurs par indivis, la jouissance de l'un empêche la prescription à l'égard de tous.

710. Si parmi les copropriétaires il s'en trouve un contre lequel la prescription n'ait pu courir, comme un mineur, il aura conservé le droit de tous les autres. — N. 2292.

LIVRE III

DES DIFFÉRENTES MANIÈRES DONT ON ACQUIERT LA PROPRIÉTÉ

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

713. Les biens qui n'ont pas de maître appartiennent à l'État.

714. Il est des choses qui n'appartiennent à personne, et dont l'usage est commun à tous. — Des lois de police règlent la manière d'en jouir. — N. 538. s. 540.

716. La propriété d'un trésor appartient à celui qui l'a trouvé dans son propre fonds : si le trésor est trouvé dans le fonds d'autrui, il appartient pour moitié à celui qui l'a découvert, et pour l'autre moitié au propriétaire du fonds. — Le trésor est toute chose cachée ou enfouie sur laquelle personne ne peut justifier sa propriété, et qui est découverte par le pur effet du hasard.

LIVRE III

TITRE IV

DES ENGAGEMENTS QUI SE FORMENT SANS CONVENTION

CHAPITRE II

Des délits, et des quasi-délits

1382. Tout fait quelconque de l'homme qui cause à autrui un dommage, oblige celui par la faute duquel il est arrivé à le réparer. — N. 1146. 1310. — P. 479. n. 1. s.

1383. Chacun est responsable du dommage qu'il a causé non-seulement par son fait, mais encore par sa négligence ou par son imprudence. N. 1146. — Co. 435. — P. 244. 471. 475. 479.

1384. On est responsable non-seulement du dommage que l'on cause par son propre fait, mais encore de celui qui est causé par le fait des personnes dont on doit répondre, ou des choses qu'on a sous sa garde. — Le père et la mère, après le décès du mari, sont responsables du dommage causé par leurs enfants mineurs habitant avec eux; — N. 372. — les maîtres et les commettants, du dommage causé par leurs domestiques et préposés dans les fonctions auxquelles il les ont employés; — N. 1797. 1994. — les instituteurs et les artisans, du dommage causé par leurs élèves et apprentis pendant le temps qu'ils sont sous leur surveillance. — La responsabilité ci-dessus a lieu à moins que les père et mère, instituteurs et artisans ne prouvent qu'ils n'ont pu empêcher le fait qui donne lieu à cette responsabilité. — N. 1424. — I. 145. — P. 73. s. 386.

1385. Le propriétaire d'un animal, ou celui qui s'en sert, pendant qu'il est à son usage, est responsable du dommage que l'animal a causé, soit que l'animal fût sous sa garde, soit qu'il fût égaré ou échappé. — P. 471. 475. 479.

1386. Le propriétaire d'un bâtiment est responsable du dommage causé par sa ruine, lorsqu'elle est arrivée par une suite du défaut d'entretien ou par le vice de sa construction. — N. 1473. 1777. — P. 477.

LIVRE III

TITRE VI

DES OBLIGATIONS DU VENDEUR

SECTION III. — *De la garantie*

1625. La garantie que le vendeur doit à l'acquéreur a deux objets : le premier est la possession paisible de la chose vendue ; le second, les défauts cachés de cette chose ou les vices rédhibitoires. — N. 1603. 1616. 1626. 1641. 2257.

§ I. — De la garantie en cas d'éviction.

1626. Quoique, lors de la vente, il n'ait été fait aucune stipulation sur la garantie, le vendeur est obligé de droit à garantir l'acquéreur de l'éviction qu'il souffre dans la totalité ou partie de l'objet vendu, ou des charges prétendues sur cet objet, et non déclarées lors de la vente. — N. 1630. 1636. 1638. 1640. 1681. 1705. 2178. 2191.

1627. Les parties peuvent, par des conventions particulières, ajouter à cette obligation de droit ou en diminuer l'effet ; elles peuvent même convenir que le vendeur ne sera soumis à aucune garantie. — N. 1134. 1152. 1643.

1628. Quoiqu'il soit dit que le vendeur ne sera soumis à aucune garantie, il demeure cependant tenu de celle qui résulte d'un fait qui lui est personnel : toute convention contraire est nulle. — N. 1693.

1629. Dans le même cas de stipulation de non-garantie, le vendeur, en cas d'éviction, est tenu à la restitution du prix, à moins que l'acquéreur n'ait connu, lors de la vente, le danger de l'éviction, ou qu'il n'ait acheté à ses périls et risques. — N. 1642. 1693. — Pr. 126.

1630. Lorsque la garantie a été promise, ou qu'il n'a rien été stipulé à ce sujet, si l'acquéreur est évincé, il a le droit de demander contre le vendeur : — 1° la restitution du prix ; — 2° celle des fruits, lorsqu'on est obligé de les rendre au propriétaire qui l'évince ; 3° les frais faits sur la demande en garantie de l'acheteur, et ceux faits par le demandeur originaire ; — 4° enfin les dommages et intérêts, ainsi que les frais et loyaux coûts du contrat. — N. 1146. 1149. 1631. s. 1646.

1638. Si l'héritage vendu se trouve grevé, sans qu'il en ait été fait de déclaration, de servitudes non apparentes, et qu'elles soient de telle importance qu'il y ait lieu de présumer que l'acquéreur n'aurait pas acheté s'il en avait été instruit, il peut demander la résiliation du contrat, si mieux il n'aime se contenter d'une indemnité. — N. 1642.

CHAPITRE V

Des obligations de l'acheteur

1650. La principale obligation de l'acheteur est de payer le prix au jour et au lieu réglés par la vente. — N. 1235. 1612. 1653. 2102. s.

1651. S'il n'a rien été réglé à cet égard lors de la vente, l'acheteur doit payer au lieu et dans le temps où doit se faire la délivrance. — N. 1247. 1609. — Pr. 420. — Co. 100. 642.

1652. L'acheteur doit l'intérêt du prix de la vente jusqu'au payement du capital, dans les trois cas suivants : — S'il a été ainsi convenu lors de la vente ; — si la chose vendue et livrée produit des fruits ou autres revenus ; — si l'acheteur a été sommé de payer. — Dans ce dernier cas, l'intérêt ne court que depuis la sommation. — N. 1682.

1653. Si l'acheteur est troublé ou a juste sujet de craindre d'être troublé par une action, soit hypothécaire, soit en revendication, il peut suspendre le payement du prix jusqu'à ce que le vendeur ait fait cesser le trouble, si mieux n'aime celui-ci donner cau-

tion, ou à moins qu'il n'ait été stipulé que, nonobstant le trouble, l'acheteur payera. — N. 1612. s. 1704.

1654. Si l'acheteur ne paye pas le prix, le vendeur peut demander la résolution de la vente. — N. 1184. 1610. 1655.

1655. La résolution de la vente d'immeubles est prononcée de suite, si le vendeur est en danger de perdre la chose et le prix. — Si ce danger n'existe pas, le juge peut accorder à l'acquéreur un délai plus ou moins long, suivant les circonstances. — Ce délai passé sans que l'acquéreur ait payé, la résolution de la vente sera prononcée.

TITRE VIII

DU CONTRAT DE LOUAGE

(Décrété le 7 mars 1804. Promulgué le 17.)

CHAPITRE PREMIER

Dispositions générales

1708. Il y a deux sortes de contrats de louage : celui des choses. — N 1713. — et celui d'ouvrage. — N. 1779.

1709. Le louage des choses est un contrat par lequel l'une des parties s'oblige à faire jouir l'autre d'une chose pendant un certain temps, et moyennant un certain prix que celle-ci s'oblige de lui payer. — N. 1127. 1713. 2236.

1710. Le louage d'ouvrages est un contrat par lequel l'une des parties s'engage à faire quelque chose pour l'autre, moyennant un prix convenu entre elles. — N. 1779. s.

1711. Ces deux genres de louage se subdivisent encore en plusieurs espèces particulières : — on appelle *bail à loyer*, le louage des maisons et celui des meubles ; — N. 1714. 1752. — *bail à ferme*, celui des héritages ruraux ; — N. 1763. — *loyer*, le louage du travail ou du service ; — N. 1779. — *bail à cheptel*, celui des animaux dont le profit se partage entre le propriétaire et celui à qui il les confie. — N. 1800. s. — Les *devis*, *marché* ou *prix fait* pour l'entreprise d'un ouvrage moyennant un prix déterminé, sont aussi un louage, lorsque la matière est fournie par celui pour qui l'ouvrage se fait. — N. 1787. s. — Ces trois dernières espèces ont des règles particulières.

CHAPITRE II

Du louage des choses

1713. On peut louer toutes sortes de biens meubles ou immeubles. — N. 1127. s.

SECTION I. — *Des règles communes aux baux des maisons et des biens ruraux*

1714. On peut louer ou par écrit ou verbalement.

1715. Si le bail fait sans écrit n'a encore reçu aucune exécution, et que l'une des parties le nie, la preuve ne peut être reçue par témoins, quelque modique qu'en soit le prix, et quoiqu'on allègue qu'il y ait eu des arrhes données. — Le serment peut seulement être déféré à celui qui nie le bail. — N. 586. 1341. 1347. 1361. 1590. 1736. 1758. 1774. 2236.

1716. Lorsqu'il y aura contestation sur le prix du bail verbal dont l'exécution a commencé, et qu'il n'existera point de quittance, le propriétaire en sera cru sur son serment, si mieux n'aime le locataire demander l'estimation par experts; auquel cas les frais de l'expertise restent à sa charge, si l'estimation excède le prix qu'il a déclaré. — N. 1357. 1366. — Pr. 303.

1717. Le preneur a le droit de sous-louer, et même de céder son bail à un autre, si cette faculté ne lui a pas été interdite. — Elle peut être interdite pour le tout ou partie. — Cette clause est toujours de rigueur. — N. 1753. 1765. 2182.

1719. Le bailleur est obligé, par la nature du contrat, et sans qu'il soit besoin d'aucune stipulation particulière, — 1° de délivrer au preneur la chose louée; — N. 1604. — 2° d'entretenir cette chose en état de servir à l'usage pour lequel elle a été louée; — 3° d'en faire jouir paisiblement le preneur pendant la durée du bail. — N. 1721. 1741. s.

1720. Le bailleur est tenu de délivrer la chose en bon état de réparations de toute espèce. — Il doit y faire, pendant la durée du bail, toutes les réparations qui peuvent devenir nécessaires, autres que les locatives. — N. 1724. 1751. 1755. 2102. n. 1.

1721. Il est dû garantie au preneur pour tous les vices ou défauts de la chose louée qui en empêchent l'usage, quand même le bailleur ne les aurait pas connus lors du bail. — S'il résulte de ces vices ou défauts quelque perte pour le preneur, le bailleur est tenu de l'indemniser. — N. 1719. 1724. — Pr. 3.

1722. Si, pendant la durée du bail, la chose louée est détruite en totalité par cas fortuit, le bail est résilié de plein droit; si elle n'est détruite qu'en partie, le preneur peut, suivant les circonstances, demander ou une diminution du prix, ou la résiliation même du bail. Dans l'un et l'autre cas, il n'y a lieu à aucun dédommagement. — N. 1302. 1724. 1741.

1723. Le bailleur ne peut, pendant la durée du bail, changer la forme de la chose louée. — N. 1726. 1760.

1724. Si, durant le bail, la chose louée a besoin de réparations urgentes et qui ne puissent être différées jusqu'à sa fin, le preneur doit les souffrir, quelque incommodité qu'elles lui causent, et quoiqu'il soit privé, pendant qu'elles se font, d'une partie de la chose louée. — Pr. 135. — Mais, si ces réparations durent plus de quarante jours, le prix du bail sera diminué à proportion du temps et de la partie de la chose louée dont il aura été privé. — Si les réparations sont de telle nature qu'elles rendent inhabitable ce qui est nécessaire au logement du preneur et de sa famille, celui-ci pourra faire résilier le bail. — N. 1720. s.

1725. Le bailleur n'est pas tenu de garantir le preneur du trouble que des tiers apportent par voies de fait à sa jouissance, sans prétendre d'ailleurs aucun droit sur la chose louée; sauf au preneur à les poursuivre en son nom personnel.

1726. Si, au contraire, le locataire ou le fermier ont été troublés dans leur jouissance par suite d'une action concernant la propriété du fonds, ils ont droit à une diminution proportionnée sur le prix du bail à loyer ou à ferme, pourvu que le trouble et l'empêchement aient été dénoncés au propriétaire. — N. 1721. 1725. 1727. 1768.

1727. Si ceux qui ont commis les voies de fait prétendent avoir quelque droit sur la chose louée, ou si le preneur est lui-même cité en justice pour se voir condamner au délaissement de la totalité ou de partie de cette chose, ou à souffrir l'exercice de quelque servitude, il doit appeler le bailleur en garantie, et doit être mis hors d'instance, s'il l'exige, en nommant le bailleur pour lequel il possède. — N. 1768.

1728. Le preneur est tenu de deux obligations principales : — 1° d'user de la chose louée en bon père de famille, et suivant la destination qui lui a été donnée par le bail, ou suivant celle présumée d'après les circonstances, à défaut de convention; — N. 1723. 1730. 1741. 1760. — 2° de payer le prix du bail aux termes convenus. — N. 2102. 2277. — Pr. 662. 819.

1729. Si le preneur emploie la chose louée à un autre usage que celui auquel elle a été destinée, ou dont il puisse résulter un dommage pour le bailleur, celui-ci peut, suivant les circonstances, faire résilier le bail. — N. 1723. 1760. 1766.

1730. S'il a été fait un état des lieux entre le bailleur et le preneur, celui-ci doit rendre la chose telle qu'il l'a reçue, suivant cet état, excepté ce qui a péri ou a été dégradé par vétusté ou force majeure. — N. 1628. 1755.

1731. S'il n'a pas été fait d'état des lieux, le preneur est présumé les avoir reçus en bon état de réparations locatives, et doit les rendre tels, sauf la preuve contraire. — N. 1755. — Pr. 3.

1732. Il répond des dégradations ou des pertes qui arrivent pendant sa jouissance, à moins qu'il ne prouve qu'elles ont eu lieu sans sa faute. — N. 1182. 1755. 2002. n. 1.

1733. Il répond de l'incendie, à moins qu'il ne prouve, — que l'incendie est arrivé par cas fortuit ou force majeure, ou par vice de construction, — ou que le feu a été commu

niqué par une maison voisine. — N. 607. 855. 1148. 1302. 1382. 1384. — P. 15. 434. 458.

1734. S'il y a plusieurs locataires, tous sont solidairement responsables de l'incendie, — à moins qu'ils ne prouvent que l'incendie a commencé dans l'habitation de l'un d'eux, auquel cas celui-là seul est tenu ; — ou que quelques-uns ne prouvent que l'incendie n'a pu commencer chez eux, auquel cas ceux-là n'en sont pas tenus.

1735. Le preneur est tenu des dégradations et des pertes qui arrivent par le fait des personnes de sa maison ou de ses sous-locataires.

1736. Si le bail a été fait sans écrit, l'une des parties ne pourra donner congé à l'autre qu'en observant les délais fixés, par l'usage des lieux. — N. 1715. s. 1739. 1775.

1737. Le bail cesse de plein droit à l'expiration du terme fixé lorsqu'il a été fait par écrit, sans qu'il soit nécessaire de donner congé. — N. 1139. 1741. 1775. — Pr. 135. n. 3.

1738. Si, à l'expiration des baux écrits, le preneur reste et est laissé en possession, il s'opère un nouveau bail dont l'effet est réglé par l'article relatif aux locations faites sans écrit. — N. 1716. 1739. s. 1759. 1776.

1739. Lorsqu'il y a un congé signifié, le preneur, quoiqu'il ait continué sa jouissance, ne peut invoquer la tacite réconduction.

1740. Dans le cas des deux articles précédents, la caution donnée pour le bail ne s'étend pas aux obligations résultant de la prolongation. — N. 2034. 2039.

1741. Le contrat de louage se résout par la perte de la chose louée, et par le défaut respectif du bailleur et du preneur de remplir leurs engagements. — N. 1184. 1302. 1719. s. 1722. 1728. 1760.

1742. Le contrat de louage n'est point résolu par la mort du bailleur, ni par celle du preneur. — N. 1795. 2236.

1743. Si le bailleur vend la chose louée, l'acquéreur ne peut expulser le fermier ou le locataire qui a un bail authentique ou dont la date est certaine, à moins qu'il ne se soit réservé ce droit par le contrat de bail. — N. 1744. 1750. 1761. — Pr. 691.

1744. S'il a été convenu, lors du bail, qu'en cas de vente l'acquéreur pourrait expulser le fermier ou locataire, et qu'il n'ait été fait aucune stipulation sur les dommages et intérêts, le bailleur est tenu d'indemniser le fermier ou le locataire de la manière suivante.

1745. S'il s'agit d'une maison, appartement ou boutique, le bailleur paie, à titre de dommages et intérêts, au locataire évincé, une somme égale au prix du loyer, pendant le temps qui, suivant l'usage des lieux, est accordé entre le congé et la sortie.

1746. S'il s'agit de biens ruraux, l'indemnité que le bailleur doit payer au fermier, est du tiers du prix du bail pour tout le temps qui reste à courir.

1747. L'indemnité se réglera par experts, s'il s'agit de manufactures, usines ou autres établissements qui exigent de grandes avances.

1748. L'acquéreur qui veut user de la faculté réservée par le bail, d'expulser le fermier ou locataire en cas de vente, est en outre tenu d'avertir le locataire au temps d'avance usité dans le lieu pour les congés. — Il doit aussi avertir le fermier de biens ruraux, au moins un an à l'avance.

1749. Les fermiers ou les locataires ne peuvent être expulsés qu'ils ne soient payés par le bailleur, ou, à son défaut, par le nouvel acquéreur, des dommages et intérêts ci-dessus expliqués.

1750. Si le bail n'est pas fait par acte authentique, ou n'a point de date certaine, l'acquéreur n'est tenu d'aucuns dommages et intérêts. — N. 1736. 1743.

1751. L'acquéreur à pacte de rachat ne peut user de la faculté d'expulser le preneur jusqu'à ce que, par l'expiration du délai fixé pour le réméré, il devienne propriétaire incommutable. — N. 1665.

SECTION II. — *Des règles particulières aux baux à loyer*

1752. Le locataire qui ne garnit pas la maison de meubles suffisants, peut être expulsé, à moins qu'il ne donne des sûretés capables de répondre du loyer. — N. 1741. 1760. 1766. 2012. n. 1.

1753. Le sous-locataire n'est tenu envers le propriétaire que jusqu'à concurrence du

prix de sa sous-location dont il peut être débiteur au moment de la saisie, et sans qu'il puisse opposer des payements faits par anticipation. — Les payements faits par le sous-locataire, soit en vertu d'une stipulation portée en son bail, soit en conséquence de l'usage des lieux, ne sont pas réputés faits par anticipation. — N. 1717. — Pr. 691. 920.

1754. Les réparations locatives ou de menu entretien dont le locataire est tenu, s'il n'y a clause contraire, sont celles désignées comme telles par l'usage des lieux, et entre autres les réparations à faire, — N. 1720, 2102. — aux âtres, contre-cœurs, chambranles et tablettes de cheminées; — au récrépiment du bas des murailles des appartements et autres lieux d'habitation, à la hauteur d'un mètre; — aux pavés et carreaux des chambres, lorsqu'il y en a seulement quelques-uns de cassés; — aux vitres, à moins qu'elles ne soient cassées par la grêle, ou autres accidents extraordinaires et de force majeure, dont le locataire ne peut être tenu; — aux portes, croisées, planches de cloisons ou de fermeture de boutiques, gonds, targettes et serrures. — N. 1720. 1755. 2102. — Pr. 3.

1755. Aucune des réparations réputées locatives n'est à la charge des locataires, quand elles ne sont occasionnées que par vétusté ou force majeure. — N. 1730. s.

1756. Le curement des puits et celui des fosses d'aisance sont à la charge du bailleur, s'il n'y a clause contraire. — N. 674.

1757. Le bail des meubles fournis pour garnir une maison entière, un corps de logis entier, une boutique, ou tous autres appartements, est censé fait pour la durée ordinaire des baux de maison, corps de logis, boutiques ou autres appartements, selon l'usage des lieux.

1758. Le bail d'un appartement meublé est censé fait à l'année, quand il a été fait à tant par an; — au mois, quand il a été fait à tant par mois; — au jour, s'il a été fait à tant par jour. — Si rien ne constate que le bail soit fait à tant par an, ou par mois, ou par jour, la location est censée faite suivant l'usage des lieux. — N. 1715. 1736.

1759. Si le locataire d'une maison ou d'un appartement continue sa jouissance, après l'expiration du bail par écrit, sans opposition de la part du bailleur, il sera censé les occuper, aux mêmes conditions, pour le terme fixé par l'usage des lieux, et ne pourra plus en sortir ni en être expulsé qu'après un congé donné suivant le délai fixé par l'usage des lieux. — N. 1738.

1760. En cas de résiliation par la faute du locataire, celui-ci est tenu de payer le prix du bail pendant le temps nécessaire à la relocation, sans préjudice des dommages et intérêts qui ont pu résulter de l'abus. — N. 1723. 1728. s. 1741. 1752.

1761. Le bailleur ne peut résoudre la location, encore qu'il déclare vouloir occuper par lui-même la maison louée, s'il n'y a eu convention contraire. — N. 1743.

1762. S'il a été convenu dans le contrat de louage, que le bailleur pourrait venir occuper la maison, il est tenu de signifier d'avance un congé aux époques déterminées par l'usage des lieux.

Location verbale. — D'ordinaire, la location se fait par écrit; et, avec les lois actuelles relatives à l'enregistrement, il est bien difficile d'agir autrement. Cependant la location est effective dès qu'on s'est entendu verbalement sur la chose louée et sur le prix; l'accord est constaté par les arrhes. La coutume de Paris permet de se dédire pendant vingt-quatre heures après avoir donné les arrhes, mais alors celles-ci sont perdues et restent au propriétaire.

La location écrite se fait par acte authentique, ou par sous-seing privé en double expédition, ou par échange d'une lettre et d'une contre-lettre; une simple promesse de louer suffit même pour engager celui qui l'a consentie.

Obligations du propriétaire. — Il doit livrer les lieux loués avec toutes leurs dépendances et les moyens de s'en servir. Le locataire a le droit de faire entrer des voitures dans la cour; il a le droit d'y décharger et d'y scier du bois.

Le propriétaire ne peut apporter aucun trouble à la jouissance du locataire; ainsi, tout établissement qui modifierait profondément l'état des choses pourrait donner lieu à résiliation : il en serait ainsi pour un bal public ou pour tout autre établissement insalubre.

Le propriétaire ne doit pas changer l'état des lieux, boucher des fenêtres, créer des servitudes, ni même boucher la vue sur un terrain ou un jardin à lui appartenant.

Obligations du locataire. — Il doit jouir des lieux en père de famille, et ne pas les détourner de l'usage auquel ils étaient primitivement destinés, usage déterminé par la profession du locataire au moment où il passait le bail.

Le locataire doit s'abstenir de tout acte qui, sans être nécessaire à sa profession, serait incommode pour le propriétaire ou les autres locataires.

Si le locataire a trompé le propriétaire sur sa véritable profession, le propriétaire peut demander la résiliation.

A défaut d'autre désignation, la destination des lieux s'établit d'après l'usage qu'on avait l'habitude d'en faire. Un appartement habité bourgeoisemen ne peut être transformé en café ou maison publique.

La destination est changée aussi lorsqu'on transporte ailleurs ou qu'on change le commerce en vue duquel une boutique était louée; on fait perdre ainsi au propriétaire un achalandage qui faisait partie de la valeur de son fonds. Il va sans dire cependant que le locataire n'est pas tenu de continuer son commerce ou son industrie jusqu'à la fin du bail dans les lieux loués.

Le locataire a le droit de faire à l'intérieur des lieux loués toutes modifications légères, ne compromettant pas l'édifice; il lui suffira de remettre à la fin du bail les lieux en l'état primitif.

Payement du bail. — A défaut de convention, le payement se fait aux termes réglés par l'usage. Le payement s'effectue presque toujours en un lieu déterminé par le bail ; à défaut de lieu fixé, il s'effectue chez le locataire (art. 1247 du Code civil).

orsque le payement n'est pas effectué au terme voulu, le propriétaire peut demander la résiliation en justice, après avoir adressé préalablement à son locataire une sommation restée infructueuse. A Paris, la coutume veut qu'on ne prononce la résiliation qu'après deux termes impayés; c'est le juge de paix qui prononce la résiliation.

Valeur des meubles. — Les meubles, qui représentent la garantie du propriétaire, doivent avoir au moins la valeur du loyer d'une année. Cependant, il est certaines industries qui ne comportent qu'un mobilier minime; le propriétaire, qui le sait, ne peut exiger une autre garantie.

Contributions. — Les contributions des portes et fenêtres sont de droit à la charge du locataire, à défaut de stipulation contraire. La contribution foncière reste évidemment à la charge du propriétaire.

Congé. — Il n'y a pas lieu de donner congé à l'expiration définitive d'un bail. On doit donner congé à la fin de la première ou de la seconde période d'un bail de 3, 6 ou 9 années.

En cas de durée non fixée pour le bail, elle s'établit d'après l'usage des lieux, et l'on doit donner congé aussi suivant l'usage des lieux; à Paris, c'est avant le commencemeut du dernier terme.

L'acceptation de congé se constate d'ordinaire sur la dernière quittance, ou encore par lettre et contre-lettre. Dans le cas où le propriétaire refuse une contre-lettre, il est prudent de lui faire notifier le congé par huissier.

Réparations à la charge du propriétaire. — Ce sont les grosses réparations, dont nous avons déjà parlé en traitant de l'usufruit.

Exemples : Les carrelages et parquets, lorsqu'ils sont détériorés sur une grande étendue et qu'un grand nombre de carreaux et de feuilles sont fendus et brisés;

Les trous aux planchers et aires en plâtre, ainsi qu'aux marches d'escaliers en plâtre, le pavage des cours, écuries et remises;

Les glaces brisées par les dilatations du plancher qui les porte ou par les mouvements de la maçonnerie;

Les fourneaux de cuisine, l'entretien des murs des fours, de la voûte en dessous et de la cheminée, le curage des puits et des fosses d'aisances;

Les tuyaux de descente, bassins, jets d'eau, etc.;

Les treillages et palissades;

Les bancs en pierre et vases placés dans le jardin;

Les dégradations provenant, par exemple, d'un vol à main armée.

Réparations locatives. — Les réparations à la charge du locataire sont celles de menu entretien.

En dehors des réparations locatives spécifiées par le Code, il faut citer :

Dans les écuries, les mangeoires, les râteliers et les engins servant à séparer les chevaux;

Le ramonage des cheminées;

Les grilles et foyers des fours de cuisine;

L'aire et la chapelle des fours, c'est-à-dire la surface horizontale qui reçoit le feu et la voûte qui la recouvre;

Les pierres à laver qui se trouvent écornées;

Les bornes et barrières des cours et écuries;

Le piston et la tringle des pompes, ainsi que les poulies et autres engins servant à monter les fardeaux;

Les allées sablées des jardins, les plates-bandes des gazons, les arbres morts, le matériel servant à l'arrosage; le locataire est tenu de réparer les bassins qui crèvent pendant la gelée, parce qu'on n'a pas pris soin de les vider;

Les dégradations faites par des voleurs ordinaires, n'opérant pas à main armée.

État de lieux. — Le locataire est tenu de rendre les lieux en l'état où il les a pris.

A défaut de preuve contraire, il est censé les avoir pris en bon état. Lors donc qu'il existe quelque point défectueux à signaler, il faut dresser un état de lieux; il se fait double entre les parties.

L'état de lieux doit mentionner spécialement tous les objets défectueux et dire dans quel état ils se trouvent.

Il mentionne aussi ceux des objets garnissant les lieux loués, qui sont la chose du propriétaire, et qui doivent lui être restitués à la fin du bail.

CHAPITRE III

Du louage d'ouvrage et d'industrie

SECTION III. — *Des devis et des marchés*

1787. Lorsqu'on charge quelqu'un de faire un ouvrage, on peut convenir qu'il fournira seulement son travail ou son industrie, ou bien qu'il fournira aussi la matière. — N. 565. 1794. s.

1788. Si, dans le cas où l'ouvrier fournit la matière, la chose vient à périr, de quelque manière que ce soit, avant d'être livrée, la perte en est pour l'ouvrier, à moins que le maître ne fût en demeure de recevoir la chose. — N. 1135. s. 1138. 1146. 1302.

1789. Dans le cas où l'ouvrier fournit seulement son travail ou son industrie, si la chose vient à périr, l'ouvrier n'est tenu que de sa faute. — N. 1136. 1146. 1302.

1790. Si, dans le cas de l'article précédent, la chose vient à périr, quoique sans aucune faute de la part de l'ouvrier, avant que l'ouvrage ait été reçu, et sans que le maître fût en demeure de le vérifier, l'ouvrier n'a point de salaire à réclamer, à moins que la chose n'ait péri par le vice de la matière.

1791. S'il s'agit d'un ouvrage à plusieurs pièces ou à la mesure, la vérification peut s'en faire par parties : elle est censée faite pour toutes les parties payées, si le maître paye l'ouvrier en proportion de l'ouvrage fait.

1792. Si l'édifice construit à prix fait périt en tout ou en partie par le vice de la construction, même par le vice du sol, les architecte et entrepreneur en sont responsables pendant dix ans. — N. 2103, n. 4 et 5. 2110. 2270.

1793. Lorsqu'un architecte ou un entrepreneur s'est chargé de la construction à forfait d'un bâtiment d'après un plan arrêté et convenu avec le propriétaire du sol, il ne peut demander aucune augmentation de prix, ni sous le prétexte de l'augmentation de la main-d'œuvre ou des matériaux, ni sous celui de changements ou d'augmentations faits sur ce plan, si ces changements ou augmentations n'ont pas été autorisés par écrit, et le prix convenu avec le propriétaire. — N. 2103. n. 4. 2110.

1794. Le maître peut résilier, par sa seule volonté, le marché à forfait, quoique l'ouvrage soit déjà commencé, en dédommageant l'entrepreneur de toutes ses dépenses, de tous ses travaux, et de tout ce qu'il aurait pu gagner dans cette entreprise.

1795. Le contrat de louage d'ouvrage est dissous par la mort de l'ouvrier, de l'architecte ou entrepreneur. — N. 1742.

1796. Mais le propriétaire est tenu de payer, en proportion du prix porté par la convention, à leur succession, la valeur des ouvrages faits et celle des matériaux préparés, lors seulement que ces travaux ou ces matériaux peuvent lui être utiles.

1797. L'entrepreneur répond du fait des personnes qu'il emploie. — N. 1384.

1798. Les maçons, charpentiers et autres ouvriers qui ont été employés à la construction d'un bâtiment ou d'autres ouvrages faits à l'entreprise, n'ont d'action contre celui pour lequel les ouvrages ont été faits, que jusqu'à concurrence de ce dont il se trouve débiteur envers l'entrepreneur, au moment où leur action est intentée. — N. 2103. n. 4 et 5. 2110. 2270.

1799. Les maçons, charpentiers, serruriers et autres ouvriers qui font directement des marchés à prix fait, sont astreints aux règles prescrites dans la présente section : ils sont entrepreneurs dans la partie qu'ils traitent.

Responsabilité de l'architecte. — L'architecte n'est responsable de l'exécution que lorsqu'il l'a dirigée ; s'il n'a fait que rédiger le plan, il n'est responsable que des fautes du plan, et le vice des fondations, par exemple, ne saurait lui être imputé.

Inversement, l'architecte est responsable des vices d'exécution quand il n'a fait que diriger l'exécution sans avoir rédigé les plans ; il est donc responsable des fautes qu'il laisse commettre à l'entrepreneur.

L'architecte est responsable des vices du sol, même quand le propriétaire voudrait passer outre et construire quand même ; dans ce cas, l'architecte doit renoncer au travail et réclamer uniquement les honoraires qui lui sont dus pour les plans.

Les vices du sol ne retomberaient pas sur l'architecte dans le cas où ces vices ne seraient pas apparents, s'il existait, par exemple, une excavation subjacente.

L'architecte est responsable des fondations insuffisantes, même quand le propriétaire les aurait ordonnées ; il répond aussi des matériaux vicieux qu'il laisse employer, à moins que ces matériaux ne soient d'un usage répandu, et que leur mauvaise qualité ne soit reconnue qu'ultérieurement.

TITRE XIII

DU MANDAT

CHAPITRE PREMIER

De la nature et de la forme du mandat

1984. Le mandat ou procuration est un acte par lequel une personne donne à une autre le pouvoir de faire quelque chose pour le mandant et en son nom. — Le contrat ne se forme que par l'acceptation du mandataire. — N. 1104. — Co. 91.

CHAPITRE II

Des obligations du mandataire

1991. Le mandataire est tenu d'accomplir le mandat tant qu'il en demeure chargé, et répond des dommages-intérêts qui pourraient résulter de son inexécution. Il est tenu de même d'achever la chose commencée au décès du mandant, s'il y a péril en la demeure. — N. 1135. 1146. 1372. s. 2007. 2010.

1992. Le mandataire répond non-seulement du dol, mais encore des fautes qu'il commet dans sa gestion. Néanmoins la responsabilité relative aux fautes est appliquée moins rigoureusement à celui dont le mandat est gratuit qu'à celui qui reçoit un salaire. — N. 1116. 1374. 1596. 1928. 1986. 2007.

TITRE XVIII

DES PRIVILÉGES ET HYPOTHÈQUES

§. II. — Des privilèges sur certains meubl

2102. Les créances privilégiées sur certains meubles sont : — 1° les loyers et fermages des immeubles, sur les fruits de la récolte de l'année, et sur le prix de tout ce qui garnit la maison louée ou la ferme, et de tout ce qui sert à l'exploitation de la ferme; savoir : pour tout ce qui est échu et pour tout ce qui est à échoir, si les baux sont authentiques, ou si, étant sous signature privée, ils ont une date certaine; et, dans ces deux cas, les autres créanciers ont le droit de relouer la maison ou la ferme pour le restant du bail, et de faire leur profit des baux ou fermages, à la charge toutefois de payer au propriétaire tout ce qui lui serait encore dû; — et, à défaut de baux authentiques, ou lorsque, étant sous signature privée, ils n'ont pas une date certaine, pour une année à partir de l'expiration de l'année courante ; — le même privilége a lieu pour les réparations locatives, et pour tout ce qui concerne l'exécution du bail ; — néanmoins les sommes dues pour les semences ou pour les frais de la récolte de l'année sont payées sur le prix de la récolte, et celles dues pour ustensiles sur le prix de ces ustensiles, par préférence au propriétaire, dans l'un et l'autre cas ; — le propriétaire peut saisir les meubles qui garnissent sa maison ou sa ferme, lorsqu'ils ont été déplacés sans son consentement, et il conserve sur eux son privilége, pourvu qu'il ait fait la revendication, savoir, lorsqu'il s'agit du mobilier qui garnissait une ferme. dans le délai de quarante jours; et dans celui de quinzaine, s'il s'agit de meubles garnissant une maison; — N. 1722. 1752. 1766. 1778. 1813. 1822. — Pr. 592. s. 609. 661. 819. 826.

SECTION II. — *Des priviléges sur les immeubles*

2103. Les créanciers privilégiés sur les immeubles sont : — N. 2098. 2105. s. 2113. 2171. — 1° le vendeur, sur l'immeuble vendu, pour le payement du prix; — N. 1250.

1252. 1650. 2108. s. 2171. — S'il y a plusieurs ventes successives dont le prix soit dû en tout ou en partie, le premier vendeur est préféré au second, le deuxième au troisième, et ainsi de suite; — 2° ceux qui ont fourni les deniers pour l'acquisition d'un immeuble, pourvu qu'il soit authentiquement constaté, par l'acte d'emprunt, que la somme était destinée à cet emploi, et, par la quittance du vendeur, que ce payement a été fait des deniers empruntés; — N. 1250. 1317. s. 1689. 2097. 2101. 2102. 2106. 2113. 2134. — Pr. 687. — 3° les cohéritiers, sur les immeubles de la succession, pour la garantie des partages faits entre eux, et des soulte ou retour de lots; — N. 884. 2109. — 4° les architectes, entrepreneurs, maçons et autres ouvriers employés pour édifier, reconstruire ou réparer des bâtiments, canaux ou autres ouvrages quelconques, pourvu néanmoins que, par un expert nommé d'office par le tribunal de première instance dans le ressort duquel les bâtiments sont situés, il ait été dressé préalablement un procès-verbal, à l'effet de constater l'état des lieux relativement aux ouvrages que le propriétaire déclarera avoir dessein de faire, et que les ouvrages aient été, dans les six mois au plus de leur perfection, reçus par un expert également nommé d'office; — Mais le montant du privilége ne peut excéder les valeurs constatées par le second procès-verbal, et il se réduit à la plus-value existante à l'époque de l'aliénation de l'immeuble, et résultant des travaux qui y ont été faits; — N. 1792. 1798. 2110. — 5° Ceux qui ont prêté les deniers pour payer ou rembourser les ouvriers, jouissent du même privilége, pourvu que cet emploi soit authentiquement constaté par l'acte d'emprunt et par la quittance des ouvriers, ainsi qu'il a été dit ci-dessus pour ceux qui ont prêté les deniers pour l'acquisition d'un immeuble. — N. 1250. 1317. 1689. s. 2110.

2110. Les architectes, entrepreneurs, maçons et autres ouvriers employés pour édifier, reconstruire ou réparer des bâtiments, canaux et autres ouvrages, et ceux qui ont, pour les payer et rembourser, prêté les deniers dont l'emploi a été constaté, conservent, par la double inscription faite : 1° du procès-verbal qui constate l'état des lieux; 2° du procès-verbal de réception, leur privilége à la date de l'inscription du premier procès-verbal. — N. 1250. 1792. 1798. 2103. n. 4. 2113. 2146.

CHAPITRE VII

De l'extinction des priviléges et hypothèques

2180. Les priviléges et hypothèques s'éteignent: — 1° par l'extinction de l'obligation principale; — 2° par la renonciation du créancier à l'hypothèque; — 3° par l'accomplissement des formalités et conditions prescrites aux tiers détenteurs pour purger les biens par eux acquis; — 4° par la prescription. — La prescription est acquise au débiteur, quant aux biens qui sont dans ses mains, par le temps fixé pour la prescription des actions qui donnent l'hypothèque ou le privilége. Quant aux biens qui sont dans la main d'un tiers détenteur, elle lui est acquise par le temps réglé pour la prescription de la propriété à son profit : dans le cas où la prescription suppose un titre, elle ne commence à courir que du jour où il a été transcrit sur les registres du conservateur. — Les inscriptions prises par le créancier n'interrompent pas le cours de la prescription établie par la loi en faveur du débiteur ou du tiers détenteur. N. 1234. 1278. 1282. 1299. 2157. 2182. 2186. 2195. 2219. 2262. 2265.

TITRE XX

DE LA PRESCRIPTION

2270. Après dix ans, l'architecte et les entrepreneurs sont déchargés de la garantie des gros ouvrages qu'ils ont faits ou dirigés. — N. 1788. 1792. 2274.

2279. En fait de meubles, la possession vaut titre. — Néanmoins celui qui a perdu ou auquel il a été volé une chose, peut la revendiquer pendant trois ans, à compter du jour de la perte ou du vol, contre celui dans les mains duquel il la trouve; sauf à celui-ci son

recours contre celui duquel il la tient. — N. 527. 549. 1293. n. 1. 1926. 2102. n. 4. — Pr. 826. s. — Co. 576.

2280. Si le possesseur actuel de la chose volée ou perdue l'a achetée dans une foire, ou dans un marché, ou dans une vente publique, ou d'un marchand vendant des choses pareilles, le propriétaire originaire ne peut se la faire rendre qu'en remboursant au possesseur le prix qu'elle lui a coûté.

DES EXPERTISES

Les architectes sont les experts naturellement choisis par les tribunaux dans toutes les affaires de bâtiment. Il est donc utile de reproduire ici les articles du Code de procédure qui ont trait aux expertises.

TITRE XIV

DES RAPPORTS D'EXPERTS

302. Lorsqu'il y aura lieu à un rapport d'experts, il sera ordonné par un jugement, lequel énoncera clairement les objets de l'expertise. — Pr. 295. 971.

303. L'expertise ne pourra se faire que par trois experts, à moins que les parties ne consentent qu'il soit procédé par un seul. — N. 126. 453. 466. 824. 854. 1678. — Pr. 196. 232. 429.

304. Si, lors du jugement qui ordonne l'expertise, les parties se sont accordées pour nommer les experts, le même jugement leur donnera acte de la nomination.

305. Si les experts ne sont pas convenus par les parties, le jugement ordonnera qu'elles seront tenues d'en nommer dans les trois jours de la signification, sinon qu'il sera procédé à l'opération par les experts qui seront nommés d'office par le même jugement. — Pr. 1033. — Ce même jugement nommera le juge commissaire qui recevra le serment des experts convenus ou nommés d'office; pourra néanmoins le tribunal ordonner que les experts prêteront leur serment devant le juge de paix du canton où ils procéderont. — Pr. 1035.

306. Dans le délai ci-dessus, les parties qui se seront accordées pour la nomination des experts, en feront leur déclaration au greffe. — Pr. 1035.

307. Après l'expiration du délai ci-dessus, la partie la plus diligente prendra l'ordonnance du juge, et fera sommation aux experts nommés par les parties ou d'office, pour faire leur serment, sans qu'il soit nécessaire que les parties y soient présentes.

308. Les récusations ne pourront être proposées que contre les experts nommés d'office, à moins que les causes n'en soient survenues depuis la nomination et avant le serment. — Pr. 197. 237. 430.

309. La partie qui aura des moyens de récusation à proposer sera tenue de le faire, dans les trois jours de la nomination, par un simple acte signé d'elle ou de son mandataire spécial, contenant les causes de récusation, et les preuves, si elle en a; ou l'offre de les vérifier par témoins ; le délai ci-dessus expiré, la récusation ne pourra être proposée; et l'expert prêtera serment au jour indiqué par la sommation. — P. 1035.

310. Les experts pourront être récusés par les motifs pour lesquels les témoins peuvent être reprochés. — Pr. 283. — P. 28. 42. s.

311. La récusation contestée sera jugée sommairement à l'audience, sur simple acte, et sur les conclusions du ministère public; les juges pourront ordonner la preuve par témoins, laquelle sera faite dans la forme ci-après prescrite pour les enquêtes sommaires. — Pr. 83. 405.

312. Le jugement sur la récusation sera exécutoire nonobstant l'appel. — Pr. 135.

313. Si la récusation est admise, il sera d'office, par le même jugement, nommé un nouvel expert ou de nouveaux experts à la place de celui ou de ceux récusés.

314. Si la récusation est rejetée, la partie qui l'aura faite sera condamnée en tels dommages et intérêts qu'il appartiendra, même envers l'expert, s'il le requiert; mais, dans ce dernier cas, il ne pourra demeurer expert. — Pr. 128. 390.

315. Le procès-verbal de prestation du serment contiendra indication, par les experts, du lieu et des jour et heure de leur opération. — En cas de présence des parties ou de leurs avoués, cette indication vaudra sommation. — En cas d'absence, il sera fait sommation aux parties, par acte d'avoué, de se trouver aux jour et heure que les experts auront indiqués. — Pr. 267. 280. 1034.

316. Si quelque expert n'accepte point la nomination, ou ne se présente point, soit pour le serment, soit pour l'expertise, aux jour et heure indiqués, les parties s'accorderont sur-le-champ pour en nommer un autre à sa place, sinon la nomination pourra être faite d'office par le tribunal. — L'expert qui, après avoir prêté serment, ne remplira pas sa mission pourra être condamné, par le tribunal qui l'avait commis, à tous les frais frustratoires et même aux dommages-intérêts, s'il y échet. — Pr. 303. 320.

317. Le jugement qui aura ordonné le rapport, et les pièces nécessaires, seront remis aux experts; les parties pourront faire tels dires et réquisitions qu'elles jugeront convenables : il en sera fait mention dans le rapport. Il sera rédigé sur le lieu contentieux, ou dans le lieu et aux jour et heure qui seront indiqués par les experts. — La rédaction sera écrite par un des experts, et signée par tous; s'ils ne savent pas écrire, elle sera écrite et signée par le greffier de la justice de paix du lieu où ils auront procédé. — Pr. 956.

318. Les experts dresseront un seul rapport; ils ne formeront qu'un seul avis à la pluralité des voix. — Ils indiqueront néanmoins, en cas d'avis différents, les motifs des divers avis, sans faire connaître quel a été l'avis personnel de chacun d'eux. — N. 824. 1679. — Pr. 210. 956.

319. La minute du rapport sera déposée au greffe du tribunal qui aura ordonné l'expertise, sans nouveau serment de la part des experts: leurs vacations seront taxées par le président au bas de la minute, et il en sera délivré exécutoire contre la partie qui aura requis l'expertise, ou qui l'aura poursuivie si elle a été ordonnée d'office. — Pr. 209. 301. 957.

320. En cas de retard ou de refus de la part des experts de déposer leur rapport, ils pourront être assignés à trois jours, sans préliminaire de conciliation, par-devant le tribunal qui les aura commis, pour se voir condamner, par corps s'il y échet, à faire ledit dépôt; il y sera statué sommairement et sans instruction. — P. 316[1].

321. Le rapport sera levé et signifié à avoué par la partie la plus diligente, l'audience sera poursuivie sur un simple acte.

322. Si les juges ne trouvent point dans le rapport les éclaircissements suffisants, ils pourront ordonner d'office une nouvelle expertise, par un ou plusieurs experts, qu'ils nommeront également d'office, et qui pourront demander aux précédents experts les renseignements qu'ils trouveront convenables.

323. Les juges ne sont point astreints à suivre l'avis des experts, si leur conviction s'y oppose.

Rédaction des rapports d'expert. — La rédaction des rapports d'expert est chose délicate. Il ne faut pas oublier que toute conclusion doit être motivée, que toutes les questions soumises aux experts doivent, à moins d'impossibilité absolue, être tranchées par oui ou par non; les magistrats nomment des experts, parce qu'ils ne se trouvent pas suffisamment éclairés par les pièces de l'affaire, et parce qu'ils ont besoin de recourir à l'expérience d'hommes de l'art; il faut donc que ces derniers résolvent les questions qui leur sont posées, et que leur

[1] La contrainte par corps est supprimée.

solution soit basée sur des motifs que le jugement puisse reproduire. Il faut, en outre, que l'indécision ne persiste pas après l'expertise ; il convient d'établir sur chaque point les motifs pour et contre, et de dire quels sont ceux qui l'emportent.

L'en-tête d'un rapport d'expert peut être conçu dans des termes analogues à ce qui suit :

« Nous, soussignés (noms, prénoms et qualités des experts), experts nommés par jugement du Tribunal civil de....., en date du....., à l'effet d'examiner les contestations pendantes entre X..., demandeur, ayant pour avoué Me..., et X..., défendeur, ayant pour avoué Me..., après avoir prêté serment le... devant le juge commis à cet effet (ou dispensés du serment), nous nous sommes rendus à..., sur les lieux litigieux, où étant arrivés à..... heures du matin, avons trouvé MM.....

« Nous avons donné aux personnes présentes lecture du jugement qui nous charge de l'expertise, et qui nous donne la mission suivante : ..... (reproduire ici les divers points de l'expertise précisés par le Tribunal).

« Cette lecture faite, nous avons commencé nos opérations dont suit le procès-verbal. »

Vient ensuite le procès-verbal qui mentionne les faits constatés et les dires des personnes présentes. Dans les affaires difficiles, il est bon de rédiger le procès-verbal sur place et de le faire signer aux personnes présentes à chaque visite des lieux.

Les opérations terminées, l'avis des experts est rédigé dans le cabinet de l'un d'eux, et écrit de la main de l'un d'eux ; après quoi, il n'y a plus qu'à déposer le rapport au greffe du Tribunal.

A la suite du rapport, les experts inscrivent le montant détaillé de leurs honoraires.

Honoraires des experts. — Les honoraires des experts sont fixés comme il suit :

Article 15 *des tarifs civils.* — Il sera taxé aux experts, pour chaque vacation de trois heures, quand ils opéreront dans les lieux où ils sont domiciliés ou dans la distance de 2 myriamètres, savoir :

Dans le département de la Seine :

Pour les artisans ou laboureurs.	4 fr.
Pour les architectes et autres artistes.	8 fr.

Dans les autres départements :

Pour les artisans ou laboureurs.	3 fr. »
Pour les architectes ou autres artistes..	6 fr. »

Au delà de 2 myriamètres, il sera alloué par chaque myriamètre, pour frais de voyage et de nourriture, aux architectes et autres artistes, soit pour aller, soit pour revenir.

A ceux de Paris.	6 fr. »
A ceux des départements.	4 fr. 50

Il leur sera alloué pendant leur séjour, à la charge de faire quatre vacations par jour, savoir :

A ceux de Paris.	32 fr. »
A ceux des départements.	24 fr. »

Il sera encore alloué aux experts deux vacations, l'une pour leur prestation de serment, l'autre pour le dépôt de leur rapport, indépendamment de leurs frais de transport, s'ils sont domiciliés à plus de 2 myriamètres de distance du lieu où siége le Tribunal.

Au moyen de cette taxe, les experts ne pourront rien réclamer, ni pour frais de voyage et de nourriture, ni pour s'être fait aider par des écrivains ou par des toiseurs et porte-chaînes, ni sous quelque autre prétexte que ce soit; ces frais, s'ils ont eu lieu, restant à leur charge.

Le président, en procédant à la taxe de leurs vacations, en réduira le nombre s'il lui paraît excessif.

ALIGNEMENTS ET AUTORISATIONS DE CONSTRUIRE OU DE RÉPARER LE LONG DES ROUTES NATIONALES ET DÉPARTEMENTALES

— GRANDE VOIRIE —

L'alignement s'entend de l'opération qui consiste à placer sur la même ligne toutes les constructions qui bordent une route; par extension, on applique la même dénomination à l'acte qui désigne aux propriétaires la ligne à suivre.

L'édit de décembre 1607, l'arrêt du conseil du 17 février 1765, et divers règlements antérieurs à 1789, sont le fonds de la législation en cette matière.

C'est le préfet du département où sont situés les lieux qui délivre l'alignement. Lorsqu'il n'existe pas de plan régulièrement approuvé par décret après enquête, le préfet ne peut délivrer l'alignement que suivant les limites actuelles de la route.

En cas de plan régulièrement approuvé, le sous-préfet de l'arrondissement peut délivrer les alignements.

Toute demande d'alignement doit être rédigée sur une feuille de papier timbré à 0f,60, et à peu près dans les termes suivants :

« Monsieur le préfet, le soussigné X, demeurant à ....., a l'honneur de solliciter l'alignement et l'autorisation nécessaires pour réparer (indiquer le genre de travail) une maison qu'il possède à ....., le long de la Route nationale (ou départementale) n° , de A à B (lorsqu'on ne connaît pas le numéro de la route, indiquer avec précision sa direction générale et l'emplacement de la propriété).

S'il s'agit de construire ou d'enclore, on désignera le terrain sur lequel la construction est projetée.

A cette demande doit être joint un mandat sur la poste de 1f,80 pour le timbre de l'arrêté à intervenir; l'accomplissement de cette formalité est indispensable.

Ces préliminaires établis, il nous suffira de rappeler les lois et règlements sur la matière.

EDICT CONTENANT L'ORDRE ET REIGLEMENT QUE LE ROI VEUT ESTRE OBSERUÉ EN LA FONCTION ET DROICTS DE L'OFFICE DE GRAND VOYER[1]

(EXTRAIT)

Décembre 1602.

HENRY, etc.

A ces causes, nous, de l'aduis de nostre Conseil auquel estoient plusieurs Princes de nostre sang et aultres notables Seigneurs de nostre Royaulme, auons, par cestuy nostre Edict et Reiglement perpétuel et irréuocable, voullu et ordonné que les articles contenuz en icelluy concernant ladicte Voirye soient entretenuz, suiviz et obseruez de poinct en poinct par tous nosdictz subjectz.

ART. 3. Voullons aussy et nous plaist, que lorsque les ruës et chemins seront encombrez ou incommodez, nostre dict grand Voyer ou ses Commys enjoignent aulx particuliers de faire oster lesdictz empeschemens, et sur l'opposition ou différendz qui en pourront resulter, faire condemner lesdits particuliers, qui n'auront obey à ses ordonnances trois jours après la signification qui leur en sera faicte, jusques à la somme de dix liures et au dessoubz, pour lesdictes entreprises par eulx faictes, et pour cest effect les faire assigner à sa requeste par deuant ledict Preuost de Paris, auquel nous donnons aussi tout pouuoir et Jurisdiction.

ART. 4. Deffendons à nostre dict grand Voyer ou ses Commys de permettre qu'il soict faict aulcunes saillyes, aduences et pans de bois ès ruës aulx bastimens neufz, et mesmes à ceulx où il y en a present de construitz, les redifier, ny faire ouurages qui les puissent conforter, conseruer et soustenir, ny faire aulcun encorbellement en aduences pour porter aulcun mur, pan de bois ou aultre chose en saillye et porter à faux, sur lesdictes ruës : Ains faire le tout continuer à plomb, despuis le retz et chaussee[2] tout contremont, et pourveoir à ce que les ruës s'embellissent et eslargissent au mieux que faire se pourra, et en baillant par luy les allignemens, redressera les murs où il y aura ply ou coude, et de tout sera tenu de donner par escript son procez verbal de luy signé et de son greffier, portant l'allignement des ediffices de deulx thoises en deulx thoises à ce qu'il n'y soict contreuenu : pour lesquelz allignemens nous luy auons ordonné soixante solz parisis pour maison, payables par les particuliers qui feront faire lesdictz ediffices sur ladicte Voyrie, encores qu'il y eust plusieurs allignemens en icelle, n'estans comptez que pour vng seul.

ART. 5. Comme aussy nous deffendons à tous nosdictz subjectz de ladicte ville[3], faulx bourgs, Preuosté et Vicomté, et aultres villes de ce Royaulme, faire aulcun ediffice, pans de mur, jambe estryère, encoigneure, caue ny trauail forme ronde en saillye[4], sieges,

[1] L'original de cet Édit est égaré depuis longtemps; on n'a pu le retrouver aux Archives de l'Empire; c'est ce qui explique les nombreuses différences qu'on rencontre dans le texte des réimpressions. Le texte que nous donnons a été pris sur les registres du Parlement de Paris.

[2] Les *Édits et Ordonnances des Rois de France*, de ANT. FONTANON, imprimés en 1611 ; la *Continuation du Traité de la Police*, de LE CLERC DU BRILLET; la *Collection manuscrite*, dite de LAMOIGNON, conservée aux Archives de la Préfecture de Police, portent *rez de* chaussée.

[3] Paris.

[4] Nous pensons qu'une erreur de copie existe sur le registre du Parlement de Paris, et, qu'au lieu de « caue ny trauail, forme ronde en saillye, etc., » il faut « caue ny trauail fermé, coude en saillye, etc., » variante de texte qu'on trouve dans une réimpression faite en 1738.

Nous fondons notre opinion sur ce que le texte du Parlement de Paris a pu être altéré par ignorance du copiste, et qu'il n'a pas un sens bien clair, tandis que l'autre texte a un sens précis, et qu'il contient le nom d'une espèce de construction en bois très-connue au dix-septième siècle, ainsi qu'on le peut voir dans un arrêt du Parlement de Paris du 25 janvier 1661 (*Continuation du Traité de la Police, de Le Clerc du Brillet, page* 739), relatif à une contestation élevée entre les trésoriers de France et l'abbaye Saint-Germain-des-Prés sur des questions de voirie. Il y est dit que « de la grande voirie dépendaient les alignements, périls imminents, saillies, balcons, chemins encombrés, places vagues et

barrières, contrefenestres, huis de caues, bornes, pas, marches, sieges, montoirs à cheual, auluens, enseignes, establiz, caiges et[1] menuiseries, chassis à verre et aultres aduences sur ladicte Voyrie, sans le congé et allignement de nostre dict grand Voyer ou desdicts Commys. Pourquoy faire luy auons attribué et attribuons la somme de soixante solz tournoiz, et après la perfection d'iceulx, seront tenuz lesdictz particuliers d'en aduertir ledict grand Voyer ou Commys, affin qu'il recolle lesdictz allignemens et recongnoisse sy les ouuriers auront trauaillé suiuant iceulx, sans toutesfois payer aulcune chose pour ledict recollement et confrontation, et où il se trouueroict qu'ils auroient contreuenu ausdictz allignemens, seront lesdictz particuliers assignez par deuant ledict Preuost de Paris ou son Lieutenant, pour veoir ordonner que la besongne mal plantee sera abbattuë, et condemnez en telle amende que de raison, applicable comme dessuz.

Art. 7. Faisons aussy deffenses à touttes sortes de personnes de faire creuser aulcunes caues soubz les ruës[2] : et pour le regard de ceulx qui voudront faire degrez à monter en leurs maisons, par le moyen desquelz les rues estrecissent, faire sieges ès dictes ruës, estail ou auluens, clorre ou fermer aulcunes ruës, faire planter bornes au coing d'icelles, ès entrees de maisons, poser enseignes nouuelles, ou faire le tout reparer, prennent congé dudict grand Voyer ou Commys. Pour lesquelles choses faictes de neuf et pour la permission premiere nous lui auons attribué et attribuons la somme de trente solz tournoiz pour la visitation d'icelles, et pour celles qu'il conuiendra seullement reparer et refaire, la somme de quinze solz tournoiz : Et où aulcuns vouldroient faire telles entreprises sans lesdictes permissions, les pourra faire condemner en la dicte amende de dix liures, payables comme dessus, ou plus grande somme sy le cas y eschet, et faire abattre les dictes entreprises : le tout au cas que lesdictes entreprises n'incommodent le publicq, et pour cest effect sera tenu le Commys dudict grand Voyer se transporter sur les lieux auparauant que donner la permission et congé de faire lesdictes entreprises.

Art. 8. Pareillement auons deffendu et deffendons à tous nosdicts subjectz de jeter dans les ruës eauës ny ordures par les fenestres, de jour ny de nuict; faire preaux ny aulcuns jardins en saillie aulx haultes fenestres, ny pareillement tenir fians, terreaux, bois ny aultres choses dans les ruës et voyes publicques plus de vingt-quatre heures, et encores sans incommoder les passants; aultrement luy auons permys et permettons de les faire condemner en l'amende comme dessus, auquel Voyer ou Commys nous enjoignons se transporter par touttes les ruës, mesmes par les maistresses, de quinze en quinze jours, afin de commander qu'elles soyent dellivrez et nettoyez, et que les passans ne puissent receuoir aulcune incommoditez.

Art. 9. Deffendons aussy à touttes personnes de faire des esuiers plus haults que retz de chaussee, s'ilz ne sont couuerts jusques audict retz de chaussee, et mesmes sans la permission de nostre dict grand Voyer, ses Lieutenans ou Commys, pour laquelle permission luy sera payé trente solz indistinctement, tant pour ceulx qui sont au rez de chaussee que ceulx qui ne se trouueront audict retz de chaussee.

Art. 11. Enjoindra aux Sculteurs, Charrons, Marchans de bois et tous aultres de retirer et mettre à couuert, soict dans leurs maisons ou ailleurs, ce qu'ilz tiennent d'ordinaire dans les ruës, comme pierres, coches, charrettes, chariots, troncs, pieces de bois et aultres choses qui peuuent empescher ou encombrer ledict libre passage desdictes ruës : Comme aussy aulx Teinturiers, Foullons, Frippiers et tous aultres, de ne mettre seicher sur perches de bois, soict ès fenestres de leurs greniers ou aultrement sur ruës et voyes, aulcuns draps, toilles ou aultres choses qui puissent incommoder et offusquer la veuë desdictes ruës sur les peines que dessus et sur les contraventions qui se feront, lesdictes

vides, clôtures, *travaux fermés* et autres choses de cette nature. » Le motif de la contestation était l'établissement, sans autorisation, par un marchand de bois et un écuyer académiste, d'un *travail fermé* le long des fossés de la porte de Nesle; la fermeture était d'environ deux arpens et demi de terre.

[1] Les ouvrages cités dans la note 1 ci-dessus portent caiges *de* menuiseries.

[2] Un arrêt du Conseil d'État, du 3 août 1685, a permis à des propriétaires de maisons, dont une partie avait été prise pour l'élargissement de la rue Saint-Jacques, à Paris, de conserver la jouissance des caves qui, par l'effet du reculement de ces maisons, se trouvaient sous la voie publique, si d'ailleurs il était reconnu qu'elles fussent voûtées avec solidité.

Cet arrêt, rendu sur un fait spécial, ne doit pas être considéré comme un règlement.

deffenses estant faictes par ledict sieur grand Voyer ou ses Commys, seront les contreuenans condemnez en l'amende comme dessus.

Art. 12. Voullons et nous plaist que ledict grand Voyer et ses Commys ayant l'œil et congnoissance du pauement desdictes rues, voyes, quayz et chemins, et où il se trouvera quelques pauez cassez, rompuz ou enlevez, qu'ils les facent restablir promptement, mesmes faire l'ouuerture des maisons des refuzans d'icelles aulx despens des detempteurs desdictes maisons, injonction prealablement faicte ausditz detempteurs, et prendre garde que le paué de neuf soict bien faict, et qu'il ne se trouve plus hault eslevé que celluy de son voysin.

Art. 13. Deffendons au Commys de nostre dict grand Voyer de donner aulcune permission de faire des marches dans les ruës, mais seullement continuer les anciennes ès lieux où elles n'empeschent le passage.

Art. 14. Ne pourra aussy nostre dict Voyer donner permission d'auluans plus hault[1] que de dix piedz, à prendre du retz de chaussee en amont, et pour ceulx qu'il donnera, ensemble pour les enseignes, luy appartiendra pour les permissions nouuelles trente solz tournoiz, et pour le changement des enseignes et refection et changement d'auluens n'en prendra que quinze solz.

ARRÊT DU CONSEIL D'ÉTAT DU ROI CONCERNANT LES PERMISSIONS DE CONSTRUIRE ET LES ALIGNEMENTS SUR LES ROUTES ENTRETENUES AUX FRAIS DU ROI

(EXTRAIT)

27 février 1761.

Le Roi, étant en son Conseil, a ordonné et ordonne que conformément à ce qui se pratique au bureau des finances de la généralité de Paris[2], dont Sa Majesté a confirmé et confirme l'ordonnance du 29 mars 1754, articles 4 et 12, les alignements pour constructions ou reconstructions des maisons, édifices ou bâtiments généralement quelconques, en tout ou en partie, étant le long et joignant les routes construites par ses ordres, soit dans les traverses des villes, bourgs et villages, soit en pleine campagne, ainsi que les permissions pour toute espèce d'ouvrage aux faces desdites maisons, édifices et bâtiments, et pour établissement d'échoppes ou choses saillantes le long desdites routes, ne pourront être donnés en aucuns cas par autres que par les trésoriers de France, commissaires de Sa Majesté pour les ponts et chaussées en chaque généralité, ou, à leur défaut et en leur absence, par un autre trésorier de France de ladite généralité qui serait présent sur les lieux et pour ce requis; le tout sans frais, et en se conformant par eux aux plans levés et arrêtés par les ordres de Sa Majesté, qui sont ou seront deposés par la suite au greffe du bureau des finances de leur généralité; et dans le cas où les plans ne seraient pas encore déposés audit greffe, veut Sa Majesté qu'avant de donner lesdits alignements ou permissions, lesdits trésoriers de France, commissaires de Sa Majesté, ou autres à leur défaut, se fassent remettre un rapport circonstancié de l'état des lieux par l'ingénieur ou l'un des sous-ingénieurs des ponts et chaussées de ladite généralité, et que dudit alignement ou de ladite permission il soit déposé minute au greffe dudit bureau des finances, laquelle ledit rapport sera et demeurera annexé.

[1] Les ouvrages cités dans la note 1 de la page 3 portent *plus bas*.

[2] Un grand nombre d'ordonnances du bureau des finances de l'ancienne généralité de Paris sont encore en vigueur, mais comme elles ne sont applicables que dans l'étendue de cette généralité, elles ne sont pas insérées dans ce recueil. Les plus importantes sont du 29 mars 1754, 30 avril 1772, 2 août 1774, et 17 juillet 1781.

La généralité de Paris comprenait vingt-deux élections dont les chefs-lieux étaient : Paris (Ile-de-France); Beauvais, Compiègne, Senlis (Picardie); Joigny, Nogent-sur-Seine, Saint-Florentin, Sens, Tonnerre (Champagne); Pontoise (Vexin); Vezelay (Nivernais); Coulommiers, Meaux, Montereau, Provins, Rosoy (Brie); Étampes, Melun, Nemours (Gâtinais); Dreux, Mantes, Montfort-l'Amaury (Beauce).

Fait Sa Majesté défenses à tous particuliers, propriétaires ou autres, de construire, reconstruire ou réparer aucuns édifices, poser échoppes ou choses saillantes le long desdites routes sans en avoir obtenu les alignements ou permissions desdits trésoriers de France, commissaires de Sa Majesté, ou dans le cas ci-dessus spécifié d'un autre trésorier de France dudit bureau des finances, à peine de démolition desdits ouvrages, confiscation des matériaux et de 300 livres d'amende, et contre les maçons, charpentiers et ouvriers, de pareille amende, et même de plus grande peine en cas de récidive.

Fait pareillement Sa Majesté défenses à tous autres, sous quelque prétexte et à quelque titre que ce soit, de donner lesdits alignements et permissions, à peine de répondre en leur propre et privé nom des condamnations prononcées contre les particuliers, propriétaires, locataires et ouvriers qui seront, en cas de contravention, poursuivis à la requête des procureurs de Sa Majesté auxdits bureaux des finances et punis suivant l'exigence des cas. Enjoint Sa Majesté aux sieurs intendans et commissaires départis dans toutes les généralités, ainsi qu'aux commissaires des ponts et chaussées et aux officiers des bureaux des finances, de tenir, chacun en droit soi, la main à l'exécution du présent arrêt. Et sera ledit arrêt lu, publié et affiché partout où besoin sera, et exécuté nonobstant opposition ou appellation quelconques, pour lesquelles ne sera différé, et dont, si aucunes interviennent, Sa Majesté s'est réservé la connaissance, et icelle interdit à toutes ses cours et juges.

CIRCULAIRE DU MINISTRE DE L'AGRICULTURE, DU COMMERCE ET DES TRAVAUX PUBLICS AUX PRÉFETS

20 septembre 1858.

Grande voirie. — Envoi d'un arrêté réglementaire sur les permissions de grande voirie

Monsieur le Préfet, par une circulaire du 18 novembre 1851, vous avez été appelé à donner votre avis sur un projet de règlement et un projet d'arrêté comprenant les dispositions générales auxquelles doivent être soumis les riverains des routes.

Comme il ne pouvait s'agir que d'assurer l'application de la législation existante, il a paru inutile de provoquer un règlement d'administration publique, et j'ai pensé qu'on pourrait avantageusement réunir en une seule pièce les deux documents qui accompagnaient la circulaire précitée. Le visa des lois et ordonnances qui régissent la matière est, en effet, le préambule naturel et presque obligatoire d'un règlement de grande voirie, et, d'un autre côté, les détails contenus dans le règlement remplaceront d'une manière beaucoup plus complète le dispositif de l'ancien projet d'arrêté.

J'ai donc décidé, Monsieur le Préfet, qu'un projet d'arrêté préfectoral serait substitué aux deux pièces qui se trouvaient jointes à la circulaire du 18 novembre 1851.

Après un mûr examen des renseignements recueillis sur la question, j'ai reconnu, conformément à l'avis du conseil général des ponts et chaussées, qu'il y a lieu d'adopter, pour servir de modèle dans tous les départements, le projet d'arrêté annexé à la présente circulaire.

Assurer avant tout l'exécution des mesures intéressant la sécurité et la liberté de la circulation ; avertir clairement les intéressés des obligations qu'ils ont à remplir ; éviter d'imposer aux ingénieurs et à leurs agents des formalités trop minutieuses, incompatibles avec la prompte expédition d'affaires aussi multipliées ; adopter des règles assez larges pour qu'elles puissent, sans inconvénient, s'appliquer à toute la France, malgré les différences résultant de la nature du climat, de celle des matériaux de construction et des habitudes des populations, et néanmoins donner des indications assez précises sur ce qu'i convient de permettre ou d'empêcher ; réserver à l'autorité locale toute la part d'action qui lui appartient dans l'appréciation des cas si divers et si nombreux qui se présentent

dans la pratique : telles sont, Monsieur le Préfet, les idées qui ont constamment prévalu dans la discussion approfondie à laquelle le projet d'arrêté a donné lieu et dont il vous est réservé d'assurer l'application. Il vous sera facile de reconnaître que ce projet d'arrêté n'altère en rien la force des règlements particuliers en vigueur dans chaque localité, et qui, intéressant plus spécialement la propreté et la salubrité, rentrent dans les attributions des autorités locales.

Veuillez, Monsieur le Préfet, donner à ce projet d'arrêté toute la publicité nécessaire et m'accuser réception de la présente circulaire, dont j'adresse une ampliation à MM. les ingénieurs.

PROJET D'ARRÊTÉ CONCERNANT LES PERMISSIONS DE GRANDE VOIRIE[1]

Nous, Préfet du département d

Vu les lois et règlements qui ont pour objet la conservation des routes et la liberté de la circulation publique, notamment :

1° L'édit royal de décembre 1607 ;

2° Les arrêts du Conseil d'État du roi, en date des 3 mai 1720 et 17 juin 1721 ;

3° L'ordonnance du roi, en date du 4 août 1731 ;

4° Les arrêts du Conseil d'État du roi, en date du 16 décembre 1759, 27 février 1765 et 5 avril 1772;

Vu l'article 1er de la loi des 7-14 octobre 1790 et l'article 3 de la loi du 28 pluviôse an VIII, réglant la compétence des fonctionnaires administratifs en matière de grande voirie ;

Vu l'article 29 du titre Ier de la loi des 19-22 juillet 1791 qui a confirmé les règlements alors subsistants touchant la voirie ;

Vu l'article 43 du titre II de la loi des 28 septembre-6 octobre 1791, la loi du 9 ventôse an XIII, le décret impérial du 16 décembre 1811 et la loi du 12 mai 1825, relative aux plantations et à l'entretien des fossés le long des routes ;

Vu les lois du 16 septembre 1807 et du 3 mai 1841, relatives aux droits et aux obligations des propriétaires riverains des routes et à l'expropriation forcée pour cause d'utilité publique ;

Vu les lois du 29 floréal an X et du 23 mars 1842, relatives à la constatation des délits de grande voirie et aux pénalités encourues ;

Vu l'article 671 du Code Napoléon ;

Vu la loi sur le timbre, en date du 13 brumaire an VII ;

Vu...... (*Viser ici les règlements locaux en usage*) ;

Considérant qu'aux termes de ces lois, décrets et ordonnances, l'administration est chargée d'assurer la libre circulation sur les routes, ainsi que l'uniformité dans les règles relatives aux constructions et aux plantations, de prononcer sur les diverses demandes faites par les particuliers, d'empêcher ou de poursuivre les contraventions en matière de grande voirie ;

Considérant que, pour diminuer le nombre de ces contraventions et assurer la répression de celles qui seront commises, il importe de faire connaître ou rappeler au public et aux fonctionnaires administratifs les règlements adoptés pour l'exécution de ces lois, décrets et ordonnances,

AVONS ARRÊTÉ et ARRÊTONS les dispositions ci-après concernant les permissions de grande voirie :

[1] Rectifié suivant la circulaire du ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, en date du 30 octobre 1858.

CHAPITRE PREMIER

Forme des demandes

ART. 1er. Toute demande de permission de grande voirie, ayant pour objet d'établir des constructions le long des routes, de modifier les façades de celles qui existent, de faire ou de supprimer des plantations régulières ou de former une entreprise quelconque sur le sol des voies publiques et de leurs dépendances, doit être faite sur papier timbré et adressée au préfet ou au sous-préfet; elle est présentée par le propriétaire ou en son nom, et contient l'indication exacte de ses nom, prénoms et domicile.

Elle désigne la commune où les travaux doivent être entrepris, en ajoutant, dans les traverses, l'indication de la rue et du numéro de l'immeuble auquel ils se rapportent, et, hors des traverses, celle des lieux dits, tenants et aboutissants, et des bornes kilométriques entre lesquelles ils doivent être exécutés.

CHAPITRE II

Constructions neuves

Alignements par avancement. — ART. 2. Lorsque la construction sur l'alignement doit avoir pour effet de réunir à la propriété riveraine une portion de la voie publique, les ingénieurs procèdent, contradictoirement avec le pétitionnaire, au métré et à l'estimation du terrain à abandonner. Le montant de l'estimation, contrôlé par les agents des domaines et arrêté par le préfet, est acquitté par le pétitionnaire, ou, en cas de contestation, déposé à la caisse des dépôts et consignations.

Il est formellement interdit au pétitionnaire d'occuper le terrain avant d'en avoir acquitté ou consigné le prix.

Le permissionnaire ne peut réclamer le tracé de son alignement, s'il n'est pas en mesure de justifier de ce payement.

Alignements par reculement. — ART. 3. Lorsque la construction sur l'alignement aura eu pour effet de réunir à la voie publique une partie du terrain riverain, il est procédé comme ci-dessus au métré et à l'estimation qui servent de base au règlement de l'indemnité.

Cette indemnité n'est exigible qu'à partir du jour où, sur la demande du permissionnaire, il aura été constaté que son terrain est définitivement réuni à la voie publique.

Règlement par le jury du prix des terrains acquis ou cédés par les riverains. — ART. 4. A défaut d'arrangement amiable entre l'administration et le pétitionnaire, le prix du terrain à céder ou à acquérir est réglé conformément à la loi du 3 mai 1841 et à l'article 50 de la loi du 16 septembre 1807.

Dispositions relatives au cas de reculement. — ART. 5. Un mur mitoyen mis à découvert par suite du reculement d'une construction voisine est soumis aux mêmes règles qu'une façade en saillie.

Le raccordement des constructions nouvelles avec des bâtiments ou murs en saillie ne peut être effectué qu'au moyen de clôtures provisoires, dont la nature et les dimensions sont réglées par l'arrêté d'autorisation. Toutefois, les épaisseurs ne peuvent dépasser, en y comprenant les enduits et ravalements :

Pour les clôtures en briques, hourdées en mortier ou plâtre avec ou sans pans de bois. 0m,12

Pour les clôtures en bois avec remplissage en plâtre et plâtras, moellons, argile ou pisé. 0m,16

Pour les clôtures en moellons, hourdées en mortier ou plâtre sans pans de bois. 0m,25

Pour les clôtures en pisé et en moellons, sans mortier ou en mortier de terre, avec enduit en terre. 0m,40

Toutes liaisons entre les nouvelles et les anciennes maçonneries, tendant à réconforter celles-ci sont formellement interdites.

Aqueducs sur les fossés de la route. — Art. 6. L'écoulement des eaux ne peut être intercepté dans les fossés de la route.

Les dispositions et dimensions des aqueducs destinés à rétablir la communication entre la route et les propriétés riveraines, sont fixées par l'arrêté qui autorise ces ouvrages ; ils doivent toujours être établis de manière à ne pas déformer le profil normal de la route.

Haies et clôtures. — Art. 7. Les haies sèches, barrières, palissades, clôtures à claire-voie ou levées en terre formant clôtures, sont placées, savoir :

Dans les traverses, sur l'alignement fixé pour les constructions, et hors des traverses, de manière à ne pas empiéter sur les talus de déblai et de remblai de la route.

Les haies vives sont placées à $0^m,50$ en arrière de ces alignements.

Avis à donner par le propriétaire et vérification des travaux. — Art. 8. Tout propriétaire autorisé à faire une construction ou une clôture, ou à exécuter des ouvrages sur le sol de la route, doit indiquer à l'avance, à l'ingénieur de l'arrondissement, l'époque où les travaux seront entrepris, pour qu'il puisse être procédé par le conducteur à une première vérification, ou, si le propriétaire le demande, au tracé de l'alignement.

S'il s'agit d'une construction en maçonnerie, le permissionnaire prévient une seconde fois l'ingénieur dès que les premières assises au-dessus du sol sont posées.

Dans tous les cas, après l'achèvement des travaux, les agents de l'administration dressent un procès-verbal de récolement en double expédition, conformément aux dispositions de l'article 36 ci-après.

CHAPITRE III

Constructions en saillie sur l'alignement

Interdiction de travaux confortatifs. — Art. 9. Tous ouvrages confortatifs sont interdits dans les constructions en saillie sur l'alignement, tant aux étages supérieurs qu'au rez-de-chaussée.

Sont compris notamment dans cette interdiction :

Les reprises en sous-œuvre ;

La pose de tirants, d'ancres ou d'équerres, et tous ouvrages destinés à relier le mur de face avec les parties situées en arrière de l'alignement ;

Le remplacement par une grille de la partie supérieure d'un mur en mauvais état ;

Des changements assez nombreux pour exiger la réfection d'une partie importante de la façade.

Travaux qui pourront être autorisés avec conditions spéciales. — Art. 10. Peuvent être autorisés, dans les cas et sous les conditions énoncés dans les articles 11 à 17, les ouvrages suivants :

Les crépis ou rejointoiements ;

L'établissement d'un poitrail ;

L'exhaussement ou l'abaissement des murs et façades ;

La réparation totale ou partielle du chaperon d'un mur et la pose de dalles de recouvrement ;

L'établissement d'une devanture de boutique ;

Le revêtement des façades ;

L'ouverture ou la suppression de baies.

Crépis et rejointoiements, poitrail, exhaussement ou abaissement des façades, réparation des chaperons et pose de dalles de recouvrement. — Art. 11. L'exécution de crépis ou rejointoiements, la pose ou le renouvellement d'un poitrail, l'abaissement ou l'exhaussement des murs et façades, la réparation des chaperons d'un mur et la pose des dalles de recouvrement ne seront permis que pour les murs et façades en bon état, qui ne présentent ni

surplomb, ni crevasses profondes, et dont ces ouvrages ne puissent augmenter la solidité et la durée.

Il ne pourra être fait, dans les nouveaux crépis, aucun lancis en pierres ou autres matériaux durs.

Les reprises des maçonneries autour d'un poitrail ou des nouvelles baies seront faites seulement en moellons ou briques, et n'auront pas plus de 0^m,25 de largeur.

L'exhaussement des façades ne pourra avoir lieu que dans le cas où le mur inférieur sera reconnu assez solide pour pouvoir supporter les nouvelles constructions. Les travaux seront exécutés de manière qu'il n'en résulte aucune consolidation du mur de face.

Devantures de boutiques. — Art. 12. Les devantures se composeront d'ouvrages en menuiserie ; il n'y sera employé que du bois de 0^m,10 d'équarrissage au plus. Elles seront simplement appliquées sur la façade, sans être engagées sous le poitrail et sans addition d'aucune pièce formant support pour les parties supérieures de la maison.

Revêtement des façades. — Art. 13. L'épaisseur des dalles, briques, bois ou carreaux employés pour les revêtements des soubassements ne dépassera pas 0^m,05.

Le revêtement au-dessus des soubassements, au moyen de planches, ardoises ou feuilles métalliques, ne pourra être autorisé que pour les murs et façades en bon état.

Ouvertures de baies, portes bâtardes et fenêtres. — Art. 14. Les linteaux des baies de portes bâtardes ou fenêtres à ouvrir seront en bois ; leur épaisseur dans le plan vertical n'excédera pas 0^m,16, ni leur portée sur les points d'appui, 0^m,20.

Le raccordement des anciennes maçonneries avec les linteaux, et les reprises autour des baies ne seront faits qu'en petits matériaux et n'auront pas plus de 0^m,25 de largeur.

Portes charretières. — Art. 15. Les portes charretières pratiquées dans les murs de clôture ne pourront s'appuyer que sur les anciennes maçonneries ou sur des poteaux en bois. Les reprises autour des baies seront assujetties aux conditions fixées dans l'article précédent.

Suppression de baies. — Art. 16. La suppression des baies pourra être autorisée sans conditions pour les façades en très-bon état ; lorsque la façade sera reconnue ne pas remplir cette condition, les baies à supprimer seront fermées par une simple cloison en petits matériaux de 0^m,16 d'épaisseur au plus, dont le parement affleurera le nu intérieur du mur de face, le vide restant apparent à l'extérieur, et sans addition d'aucun montant ni support en fer ou en bois.

Avis à donner par le propriétaire. — Art. 17. Tout propriétaire autorisé à faire une réparation doit indiquer à l'avance, à l'ingénieur de l'arrondissement, le jour où les travaux seront entrepris.

L'administration désigne, lorsqu'il y a lieu, ceux qui ne doivent être exécutés qu'en présence de l'un de ses agents.

Travaux à l'intérieur des propriétés. — Art. 18. Il est interdit de faire dans la partie retranchable d'une propriété aucune construction nouvelle, lors même que le terrain serait clos par des murs ou de toute autre manière, et que l'on ne toucherait pas au mur de face.

Les travaux à l'intérieur des maisons sont exécutés sous la responsabilité des propriétaires, contre lesquels il est exercé des poursuites dans le cas où ces travaux sont reconnus être confortatifs des murs de face.

CHAPITRE IV

Saillies

Soubassements, colonnes, pilastres, ferrures, jalousies, persiennes, contrevents, appuis de croisées, barres de supports, tuyaux de descente, cuvettes, ornements en bois des devantures, grilles, enseignes, socles, petits et grands balcons, lanternes, transparents, attributs, auvents et marquises, bannes, corniches d'entablement. — Art. 19. La nature et la dimension maximum des saillies permises sont fixées ci-après, la mesure des saillies étant tou-

jours prise sur l'alignement de la façade, c'est-à-dire à partir du nu du mur au-dessus de la retraite du soubassement :

1° Soubassement. 0m,05

2° Colonnes en pierres, pilastres, ferrures de portes et fenêtres, jalousies, persiennes, contrevents, appuis de croisées, barres de supports. 0m,10

3° Tuyaux et cuvettes, ornements en bois des devantures, grilles de boutiques et de fenêtres des rez-de-chaussée, enseignes, y compris toutes pièces accessoires. . . . 0m,10

4° Socles de devantures de boutiques. 0m,20

5° Petits balcons de croisée au-dessus du rez-de-chaussée. 0m,22

6° Grands balcons, lanternes, transparents, attributs. 0m,80

Ces ouvrages ne pourront être établis qu'à 4m,30 au moins, au-dessus du sol et seulement dans les rues dont la largeur ne sera pas inférieure à 8 mètres. Toutefois, s'il y a devant la façade un trottoir de 1m,30 de largeur au moins, la hauteur de 4m,30 pourra être réduite jusqu'au minimum de 3m,50 pour les grands balcons, dans les rues ayant au moins 8 mètres de largeur, et au minimum de 3 mètres pour les lanternes, transparents et attributs, quelle que soit la largeur de la rue.

Ces ouvrages devront d'abord être supprimés sans indemnité si l'administration, dans un intérêt public, est conduite à exhausser ultérieurement le sol de la route.

7° Auvents et marquises. 0m,80

Ces ouvrages seront en bois ou en métal ; on ne les autorisera que sur des façades devant lesquelles il existe un trottoir de 1m,30 de largeur au moins, et à 3 mètres au moins au-dessus de ce trottoir.

8° Bannes. 1m,50

Elles ne pourront être posées que devant les façades où il existe un trottoir. La dimension maximum fixée ci-dessus sera réduite quand ce trottoir aura moins de 2 mètres, de manière que sa largeur excède toujours de 0m,50 au moins, la saillie des bannes.

Aucune partie des supports ne sera à moins de 2m,50 au-dessus du trottoir.

9° Corniches d'entablement.

Leur saillie n'excédera pas 0m,16 quand elles seront en plâtre, ou l'épaisseur du mur à son sommet quand elles seront en pierre ou en bois.

Les dimensions fixées ci-dessus sont applicables seulement dans les portions de routes ayant plus de 6 mètres de largeur effective. Lorsque cette largeur n'est pas atteinte, l'arrêté du préfet statue, dans chaque cas particulier, sur les dimensions des saillies qu'il y a lieu d'autoriser.

Occupation temporaire de la voie publique. — Art. 20. Les échafaudages ou les dépôts de matériaux qu'il pourra être nécessaire de faire sur le sol de la route pour l'exécution des travaux seront éclairés pendant la nuit; leur saillie sur la voie publique sera de 2 mètres au plus, et ce maximum pourra être réduit dans les traverses étroites.

Ils seront disposés de manière à ne jamais entraver l'écoulement des eaux sur la route ou ses dépendances. Dans les villes, le permissionnaire pourra être tenu de les entourer d'une clôture.

Art. 21. Il est interdit d'établir, de remplacer ou de réparer des marches, bornes, entrées de caves ou tous ouvrages de maçonnerie, en saillie sur les alignements et placés sur le sol de la voie publique. Néanmoins, il pourrait être fait exception à cette règle pour ceux de ces ouvrages qui seraient la conséquence de changements apportés au niveau de la route ou lorsqu'il se présenterait des circonstances exceptionnelles. Dans ce dernier cas, il devra en être référé à l'administration supérieure.

CHAPITRE V

Dispositions concernant les baies du rez-de-chaussée et l'accès des portes charretières

Conditions pour l'ouverture des portes et fenêtres du rez-de-chaussée. — Art. 22. Aucune porte ne pourra s'ouvrir en dehors de manière à faire saillie sur la voie publique.

Les fenêtres et volets du rez-de-chaussée, qui s'ouvriraient en dehors, devront se rabattre sur le mur de face, le long duquel ils seront fixés.

Emplacement et accès des portes cochères. — Art. 23. Sur les routes plantées, les portes charretières seront, autant que possible, placées au milieu de l'intervalle de deux arbres consécutifs.

Il sera posé, devant les arbres de chaque côté du passage, des bornes en pierre dure ou en bois ou des butte-roues en fonte.

Lorsqu'il existera, vis-à-vis des portes charretières, un trottoir ou une contre-allée réservée à la circulation des piétons, il y sera établi, suivant leur profil en travers normal, une chaussée de 3 mètres de largeur, qui sera en pavé ou en empierrement formé de menus matériaux.

La bordure du trottoir, lorsqu'il en existera, sera baissée, dans l'emplacement du passage, sur une longueur de 3 mètres, de manière à conserver $0^m,05$ de hauteur au-dessus du caniveau. Le raccordement de la partie baissée avec le reste du trottoir aura 1 mètre de longueur de chaque côté.

Ces divers ouvrages sont à la charge du propriétaire riverain.

CHAPITRE VI

Trottoirs

Condition d'établissement des trottoirs. — Art. 24. La nature et les dimensions des matériaux à employer dans la construction des trottoirs seront fixées par l'arrêté spécial qui autorisera ces ouvrages. Les bordures, ainsi que le dessus du trottoir, seront établis suivant les points de hauteur et les alignements fixés sur le plan au pétitionnaire.

Les extrémités du trottoir devront se raccorder avec les trottoirs voisins ou avec les revers, de manière à ne former aucune saillie.

Suppression des bornes. — Art. 25. Partout où un trottoir sera construit, le riverain est tenu d'enlever les bornes qui se trouvent en saillie sur les façades des constructions.

CHAPITRE VII

Écoulement des eaux. — Établissement d'acqueducs et de tuyaux

Art. 26. Nul ne peut, sans autorisation, rejeter sur la voie publique les eaux insalubres provenant des propriétés riveraines.

Les eaux pluviales, lorsqu'elles auront été recueillies dans une gouttière, ainsi que celles provenant de l'intérieur des maisons, seront conduites jusqu'au sol par des tuyaux de descente, puis jusqu'au caniveau de la route, soit par une gargouille, s'il existe un trottoir ou dès qu'il en existera un, soit par un ruisseau pavé, s'il n'existe qu'un revers.

Écoulement sous la voie publique. — Art. 27. Les particuliers peuvent être autorisés à établir, sous le sol des routes, des aqueducs ou conduites pour l'écoulement ou la distribution des eaux ou du gaz, conformément aux dispositions spéciales qui seront réglées par l'arrêté d'autorisation et sous les conditions ci-après.

Conditions générales des autorisations pour l'établissement de tuyaux ou aqueducs sous la voie publique. — Art. 28. Les tranchées longitudinales ne seront ouvertes qu'au fur et à mesure de la construction de l'aqueduc ou de la pose des tuyaux, et les tranchées transversales que sur la moitié de la largeur de la voie publique, de manière que l'autre moitié reste libre pour la circulation. Les parties de tranchées, qui ne pourraient pas être comblées avant la fin de la journée seront défendues pendant la nuit par des barrières solidement établies et suffisamment éclairées.

Le remblai des tranchées, après la pose des conduites, sera fait par couches de $0^m,20$ d'épaisseur, et chaque couche sera pilonnée avec soin. On rétablira sur le remblai les

pavages, chaussées d'empierrement, trottoirs et autres ouvrages qui auraient été démolis en suppléant au déchet des vieux matériaux par des matériaux neufs de bonne qualité, et en se conformant, pour l'exécution, à toutes les règles de l'art.

Ces travaux seront faits par le permissionnaire, qui devra, pendant un an, les entretenir d'une manière continue. Toute négligence apportée à l'entretien sera constatée par un procès-verbal, et déférée, par ce moyen, au conseil de préfecture.

Aussitôt après la rédaction de ce procès-verbal, l'ingénieur ordinaire fera exécuter d'office les réparations jugées nécessaires. Les dépenses seront, dans un délai de trois jours, remboursées à l'entrepreneur qui aura exécuté les travaux, et au domicile de ce dernier, par le permissionnaire, sur le vu d'un état dressé par l'ingénieur ordinaire, visé par l'ingénieur en chef, et rendu au besoin exécutoire par le préfet.

Le permissionnaire fera enlever, immédiatement après l'exécution de chaque partie du travail, les terres, gravois et immondices qui en proviendront, de manière à rendre la voie publique parfaitement libre.

Il se conformera à toutes les mesures de précaution qui lui seront indiquées, soit par les ingénieurs, soit par l'autorité locale.

Il devra faire les dispositions convenables pour ne porter aucun dommage aux voies d'écoulement, telles que aqueducs ou tuyaux déjà établis, soit par l'administration, soit par les particuliers.

Il ne pourra entreprendre ses travaux ni les reprendre, s'il les a suspendus, sans en avoir prévenu à l'avance l'ingénieur de l'arrondissement ou le conducteur délégué.

Dans le mois qui suivra l'exécution des travaux, il déposera, au bureau de l'ingénieur ordinaire, un plan coté indiquant exactement le tracé des conduites et leurs divers embranchements à l'échelle de 0m,005 millimètres pour 1 mètre.

Le permissionnaire ou son ayant cause devra, à toute époque, se conformer aux règlements d'administration ou de police en vigueur. Il sera tenu, sur une simple réquisition, de laisser visiter les ouvrages qui se rattachent à l'écoulement ou d'interrompre cet écoulement.

Il sera tenu, en outre, si l'administration le juge nécessaire dans un intérêt de police ou de salubrité, d'ouvrir des tranchées sur les parties de conduites qui lui seraient désignées, et de rétablir ensuite la voie sans pouvoir, à raison de ces faits, réclamer aucune indemnité.

L'administration conserve d'ailleurs le droit de faire changer l'emplacement des conduites ou même de les supprimer, conformément aux articles 38 et 39 ci-après.

Tuyaux de conduite pour les eaux ou le gaz. — Art. 29. Les tuyaux pour la distribution des eaux ou du gaz seront toujours posés à 0m,60 au moins de profondeur.

Dispositions relatives aux conduites débouchant dans un aqueduc situé sous la voie publique. — Art. 30. Lorsqu'il s'agira de jeter les eaux d'une propriété riveraine dans un égout existant sous la voie publique, elles y seront amenées directement par un conduit dont les matériaux et les dispositions seront indiqués par l'arrêté d'autorisation.

Le percement dans la maçonnerie du pied-droit sera réduit aux dimensions strictement indispensables. Le raccordement sera exécuté avec soin en ciment ou en bon mortier hydraulique.

Le conduit sera muni, à son origine dans l'intérieur de la propriété, d'une cuvette avec grille, qui devra faire obstacle au passage des immondices.

Il est interdit d'introduire dans l'égout aucun liquide qui pourrait nuire à la salubrité ou à l'égout lui-même.

CHAPITRE VIII

Plantations

Art. 31. Nul ne peut exercer un acte quelconque de jouissance sur une plantation située sur le sol d'une route, sans autorisation préalable du préfet.

Cette autorisation ne sera accordée que si les particuliers justifient avoir légitimement

acquis les arbres dont il s'agit à titre onéreux ou les avoir plantés à leurs frais, en exécution des anciens règlements.

Abatage des plantations. — Art. 32. Nul ne peut abattre des arbres faisant partie de plantations régulières situées le long des routes, sans en avoir obtenu l'autorisation.

L'abatage ne sera permis que lorsque les arbres auront atteint toute leur croissance; qu'ils seront trop rapprochés entre eux ou de la route, ou que l'administration jugera utile de remplacer la plantation riveraine par une plantation nouvelle établie sur le sol même de la route.

L'abatage ne pourra avoir lieu qu'après que les arbres auront reçu l'empreinte du marteau des ponts et chaussées.

Il sera fait de manière à ne pas encombrer la voie publique. Les arbres plantés sur le sol des routes seront, aussitôt après l'abatage, rangés sur le bord des accotements ou le long des fossés, parallèlement à l'axe de la route. Les trous seront comblés immédiatement. Les arbres abattus seront enlevés huit jours au plus tard après leur chute.

Les arbres des plantations riveraines seront abattus sur le terrain des propriétaires, sans emprunter en aucune façon, pour le dépôt des bois, le sol de la route.

Art. 33. Les conditions de l'élagage des haies et des plantations sont déterminées par des arrêtés spéciaux, en raison de l'essence des arbres et des circonstances locales.

Les haies seront toujours conduites de manière que leur développement du côté de la voie publique ne fasse aucune saillie sur le sol appartenant à la route. On n'y tolérera l'existence d'aucun arbre de haute tige, à moins que la haie ne se trouve à 2 mètres au moins des terrains de la voie publique.

Art. 34. Les plantations nouvelles ne peuvent être exécutées que d'après un arrêté par lequel le préfet fixe les alignements, l'espacement des arbres entre eux dans chaque rangée, leur essence, les conditions auxquelles ils doivent satisfaire et toutes les précautions à prendre pour assurer leur bonne venue.

CHAPITRE IX

Conditions générales des autorisations

Durée des autorisations. — Art. 35. Les autorisations ne sont valables que pour un an, à partir de la date des arrêtés, et sont périmées de plein droit, si l'on n'en a pas fait usage avant l'expiration de ce délai.

Procès-verbaux de récolement. — Art. 36. Toute permission de grande voirie donne lieu à une vérification de la part des agents de l'administration. Si les conditions imposées au permissionnaire ont été remplies, le résultat de cette opération est constaté par un procès-verbal de récolement en double expédition, dont l'une, après avoir été visée par les ingénieurs, est remise par le préfet au propriétaire.

Dans le cas contraire il est dressé un procés-verbal de contravention, lequel est déféré au conseil de préfecture.

Réparation des dommages causés à la route. — Art. 37. Aussitôt après l'achèvement de leurs travaux, les permissionnaires sont tenus d'enlever tous les décombres, terres, dépôts de matériaux, gravois et immondices, de réparer immédiatement tous les dommages qui auraient pu être causés à la route ou à ses dépendances, et de rétablir dans leur premier état les fossés, talus, accotements, chaussées ou trottoirs qui auraient été endommagés.

Entretien en bon état des ouvrages situés sur le sol de la route et de ses dépendances. — Art. 38. Les ouvrages établis sur le sol de la voie publique et qui intéressent la viabilité, notamment ceux mentionnés dans les articles 6, 24, 26, 27, 28, 29 et 30 du présent règlement, seront toujours entretenus en bon état et maintenus conformes aux conditions de l'autorisation, faute de quoi cette autorisation serait révoquée, indépendamment des mesures qui pourraient être prises contre le permissionnaire pour répression de délit de grande voirie et pour la suppression de ces ouvrages.

Suppression des ouvrages sans indemnités. — Art. 39. Les permissions de pure tolé-

rance concernant les ouvrages mentionnés à l'article précédent, peuvent toujours être modifiées ou révoquées, en tout ou en partie, lorsque l'administration le juge utile à l'intérêt public, et le permissionnaire est tenu de se conformer à ce qui lui est prescrit à ce sujet, sans qu'il puisse s'en prévaloir pour réclamer aucune indemnité.

Réserves des droits des tiers. — Art. 40. Les autorisations de grande voirie ne sont données que sous toutes réserves des droits des tiers, des règlements faits par l'autorité municipale dans les limites de ses attributions, des servitudes militaires et de celles résultant du Code forestier.

Réserve concernant la police de petite voirie. — Art. 41. Une permission de grande voirie accordée pour une propriété qui fait l'angle d'une voie communale ne préjuge rien sur les obligations qui peuvent être imposées par l'autorité locale en ce qui concerne la façade sur la voie communale.

CHAPITRE X

Mode de constatation des délits. — Art. 42. Les contraventions sont constatées par les maires ou adjoints, les ingénieurs, conducteurs ou agents secondaires, les commissaires et agents de police, les gendarmes, les gardes champêtres, et en général par tous les agents dûment assermentés.

Publication et exécution du règlement. — Art. 43. Le présent arrêté sera publié et affiché dans l'étendue du département.

Le préfet, l'ingénieur en chef des ponts et chaussées et le commandant de la gendarmerie sont chargés, chacun en ce qui le concerne, d'en surveiller et d'en assurer l'exécution.

Fait à , le

Le Préfet du département.

ALIGNEMENTS ET AUTORISATIONS DE CONSTRUIRE OU DE RÉPARER LE LONG DES CHEMINS VICINAUX

— PETITE VOIRIE —

Pour la petite voirie, les règles sont maintenant à peu près semblables à celles de la grande voirie.

Toute demande doit être présentée sur papier timbré, ainsi que nous l'avons expliqué en traitant de la grande voirie.

En ce qui concerne les chemins vicinaux ordinaires, les autorisations sont données par le maire, sur l'avis de l'agent-voyer. Dans aucun cas, les maires ne doivent donner d'autorisation verbale. Les autorisations doivent faire l'objet d'un arrêté, dont une expédition est remise aux parties intéressées.

Les autorisations, en ce qui concerne les chemins de grande communication et d'intérêt commun sont données par le préfet, sur le rapport des agents-voyers, ou par le sous-préfet, sur le rapport des mêmes agents, lorsqu'il existe un plan régulièrement approuvé.

VOIRIE URBAINE

La voirie urbaine comprend toutes les rues qui ne sont point le prolongement d'une route ou d'un chemin vicinal classé; ces dernières sont soumises au même régime que la route ou le chemin vicinal.

La voirie urbaine est placée sous l'autorité directe des municipalités, et soumise à des règlements spéciaux.

Toutes les rues de Paris sont rangées dans la grande voirie, et les bâtiments soumis à des règles spéciales fort importantes à connaître, que nous allons reproduire ci-après.

VOIRIE DE PARIS

LOIS ET RÈGLEMENTS Y RELATIFS

Les rues de Paris faisant partie de la grande voirie, l'édit de décembre 1607 et l'arrêt du conseil du 27 février 1765, que l'on trouvera à l'article grande voirie, leur sont applicables.

ORDONNANCE DES TRÉSORIERS DE FRANCE, CONTENANT PLUSIEURS RÈGLEMENTS SUR LE FAIT DE LA VOIERIE. — PAS DE PIERRE, SEUILS DE PORTES, MARCHES, BORNES, ETC.

Du 4 février 1683.

Nous avons ordonné, conformément à icelles, que tous propriétaires et locataires de maisons, marchands, artisans, et autres, de quelque qualité et condition qu'ils soient de cette ville et fauxbourgs, seront tenus, huitaine après la publication de la présente ordonnance, de faire réformer les pas de pierre, seuils de porte, marches, bornes et autres avances, estant le long et au devant de leurs maisons et boutiques, en sorte qu'ils n'excèdent huit pouces de saillie du corps du mur.

Que les établis qui sont au-devant desdites boutiques excédans de deux pouces seront pareillement ostez; les auvens réduits à la hauteur de dix à douze pieds à prendre du rez-de-chaussée, et à la largeur de deux pieds et demy de chassis; les enseignes seront à la hauteur de quinze pieds, et toutes sur une mesme ligne.

Les marchands et artisans seront tenus de retirer dans ledit temps leurs serpillières, montres, comptoirs et bancs, au niveau des jambes estrières de leurs boutiques : à faute de quoy faire dans ledit temps de huitaine, et iceluy passé, seront lesdits auvens abbatus et démolis, ensemble les serpillières, montres, estallages, grilles, bornes et autres avances, de quelque nature qu'elles soient, ostées et arrachées aux frais et dépens des délinquans, pour raison de quoy sera délivré exécutoire, et outre condamnez chacun en vingt livres d'amende.

Défenses sont faites sur les mesmes peines, de faire relever le pavé des devantures des maisons plus haut que l'ancien pavé de la rue; et au cas qu'il y soit contrevenu, enjoignons aux entrepreneurs du pavé de cette ville de faire incessamment baisser lesdites

devantures, et les réduire à l'allignement des devantures desdites maisons voisines, dont ils seront payez aux dépens des propriétaires ou locataires à raison de trois livres la toise, sur lesquels sera délivré exécutoire; et outre seront condamnez en vingt livres d'amende.

Faisons pareillement défenses à tous massons, charpentiers et autres ouvriers de mettre des estayes dans les rues et places publiques sans nostre permission, auquel cas leur enjoignons de faire rétablir et réparer les trous et dégradations dudit pavé procédant de l'apposition desdites estayes, par l'entrepreneur du pavé de quartier, à peine d'y estre mis ouvriers à leurs frais et dépens, et de vingt livres d'amende.

Comme aussi faisons défenses à toutes personnes de quelque condition et qualité qu'elles soient, de faire mettre aucuns poteaux, pieux, bûches au travers lesdites rues, ni d'en rétressir le passage pour quelque cause et occasion que ce soit, ni faire faire aucunes tranchées ni ouvertures de pavé qu'après en avoir pris permission de Nous, et qu'à la charge de les faire rétablir par les entrepreneurs du pavé de cette ville, à peine de pareille amende.

Comme aussi faisons très-expresses inhibitions et défenses, sur les mesmes peines, aux marchands de fer, espiciers, cabarretiers, et tous autres de laisser leurs tonnes, tonneaux, muids et emballages esdites rues; et à tous particuliers d'avoir aux fenestres de leurs maisons jardins et préaux faisans saillies sur rue.

Faisons pareillement défenses à tous particuliers, propriétaires, massons, charpentiers et autres, de faire, ni faire faire aucuns ouvrages qui puissent conserver ou conforter les saillies, traverses et avances sur rues, voyes et places publiques, rétablir aucunes maisons ni murs de clostures faisans ply ou coude, à peine de démolition et de vingt livres d'amende, tant contre lesdits propriétaires qu'ouvriers; comme pareillement de construire aucuns nouveaux bastimens, murs de closture et autres édifices sur lesdites rues, places et voyes publiques, ni rétablir aucunes encogneures, élever ni construire aucuns pans de bois qu'après en avoir pris la permission et allignemens de Nous, aussi à peine de démolition et de pareille amende : leur enjoignons de faire incessamment oster et enlever les décombres desdits bastimens, avec défenses à eux d'empescher le passage et voye publique par les matériaux destinez pour lesdits bastimens ou autres, en quelque sorte et manière que ce soit : leur permettons néanmoins d'en mettre sur l'un des revers desdites rues, et à trois pieds de distance du ruisseau, sans pouvoir outre-passer, le tout à peine de vingt livres d'amende : et seront lesdits matériaux acquis et confisquez, et portez au chantier du Roy, et lesdits décombres enlevez à leurs frais et dépens.

Faisons aussi défenses à tous particuliers, propriétaires ou locataires de maisons, menuisiers, charpentiers et autres ouvriers, de faire ni faire faire aucuns balcons, auvens en cintre ou forme ronde, travaux de mareschal au-devant de leurs maisons et boutiques, qu'après en avoir pris notre permission, en conséquence du consentement des deux propriétaires voisins, ou iceux préalablement ouïs, aussi à peine de démolition, confiscation des matériaux, et de pareille amende de vingt livres.

ORDONNANCE DE POLICE CONCERNANT LES ÉCHELLES EMPLOYÉES SUR LA VOIE PUBLIQUE ET LES OUVRIERS TRAVAILLANT SUR LES TOITS

Du 29 avril 1704.

Il est enjoint à tous marchands, propriétaires, ouvriers, artisans et autres personnes qui poseront ou feront poser des échelles dans les rues, soit pour pendre des enseignes, rétablir ou raccommoder des auvents, ou pour quelque autre ouvrage que ce puisse être, de faire en sorte qu'il y ait toujours au pied desdites échelles quelques manœuvres ou domestiques, pour empêcher qu'il n'y arrive aucun accident, à peine de cent livres d'amende et de tous dépens, dommages et intérêts.

Les ouvriers travaillant sur les toits doivent faire pendre sur la voie publique un signe

qui annonce aux passants qu'il y a danger à passer de ce côté de la rue; on peut même exiger d'eux que quelqu'un reste sur la voie publique pour avertir par cris de ce danger.

RÈGLEMENT DU MAITRE GÉNÉRAL DES BATIMENTS SUR LA CONSTRUCTION DES ENTABLEMENTS

Du 1er juillet 1712.

Vu la déclaration du 17 mai 1695 et arrêts du Parlement, etc., ordonnons qu'à l'avenir, dans la construction de tous les bâtiments, les entrepreneurs, ouvriers et autres qui se trouveront employés, seront tenus, à l'égard de la maçonnerie qui se fera sur les pans de bois, outre la latte qui doit s'y mettre de quatre pouces en quatre pouces, suivant les règlements, d'y mettre des clous de charrettes, de bateaux, et chevilles de fer en quantité et enfoncés suffisamment, pour soutenir les entablements, plinthes, corps, avant-corps et autres saillies.

Pour les murs de face des bâtiments qui se construiront avec moellons et plâtre, ou mortier de chaux et sable, outre les moellons en saillie dans lesdites plinthes et entablements, aussi suivant les règlements, ils seront pareillement tenus d'y mettre des fantons de fer aussi en quantité suffisante pour soutenir lesdites plinthes et entablements, corps, avant-corps et autres saillies.

Et quant aux bâtiments qui se construiront en pierre de taille, les entablements porteront le parpaing du mur, outre la saillie; et au cas que la saillie de l'entablement soit si grande qu'elle puisse emporter la bascule du derrière, ils seront tenus d'y mettre des crampons de fer pour les retenir dans le mur de face au-dessous.

Le tout à peine contre chacun des contrevenants, entrepreneurs, abusants et mesusants de l'art de maçonnerie, de demeurer garants et responsables, en leurs propres et privés noms, des dommages et intérêts des parties, sans préjudice de plus grandes peines, s'il y échet, et de rétablir à leurs frais et dépens, et sans répétition contre les propriétaires, les bâtiments où se trouveront lesdites mal-façons.

DÉCLARATION DU ROI CONCERNANT LES FORMES A SUIVRE POUR LA DÉMOLITION DES BATIMENTS EN PÉRIL

Du 18 août 1730.

LOUIS, etc.

Par notre déclaration du 18 juillet 1729, nous avons établi la forme des procédures qui devait être suivie par les officiers de notre Châtelet de Paris, auxquels les soins de la police sont confiés au sujet des périls imminents qui pourraient se rencontrer dans les maisons de notre bonne ville et faubourgs de Paris; mais comme cette partie de la police, en ce qui regarde seulement les bâtiments ayant face sur rue, est exercée concurremment, tant par notre bureau des finances, que par les officiers de la police de notre Châtelet de Paris, nous avons jugé nécessaire de fixer aussi les procédures qui seraient suivies par les officiers du bureau des finances dans les cas qui se trouveraient être de leur compétence, afin que chacun desdits officiers étant assuré de la voie qu'ils doivent suivre dans une portion si importante de la police de ladite ville, et concourant avec le même zèle au bien public, nos sujets puissent trouver dans ces règles que nous établissons, une sûreté entière contre des accidents qui n'ont été que trop fréquents depuis quelques années. A ces causes, etc.

ART. 1er. En cas de périls imminents des maisons et bâtiments de notre bonne ville et faubourgs de Paris, en ce qui regarde les murs ayant face sur rue, et tout ce qui pourrait

par sa chute nuire à la voie publique, les commissaires de la voirie auront une attention particulière pour s'en instruire.

Art. 2. Aussitôt qu'ils en auront avis, ils se transporteront sur les lieux, dresseront procès-verbal de ce qu'ils y auront remarqué, et qui pourrait être contraire à la sûreté de la voie publique.

Art. 3. Ils feront assigner sans retardement, à la requête du substitut de notre procureur général au bureau des finances, les propriétaires au premier jour d'audience dudit bureau, même à des jours extraordinaires, s'il y échet.

Art. 4. Les assignations seront données au domicile du propriétaire, s'il est connu et s'il est dans l'étendue de notre bonne ville ou faubourgs de Paris, sinon les assignations pourront être données à la maison même où se trouvera le péril, en parlant au principal locataire ou à quelqu'un des locataires en cas qu'il n'y en ait pas de principal, et vaudront lesdites assignations comme si elles avaient été données au propriétaire.

Art. 5. Au jour marqué pour l'assignation, le commissaire de la voirie fera son rapport à l'audience; et si la partie ne compare pas, il sera, sur les conclusions de notre avocat audit bureau, ordonné, s'il y échet, que les lieux seront visités par expert qui sera nommé par ledit bureau.

Art. 6. Si la partie compare, et qu'elle ne dénie point le péril, ledit bureau ordonnera, sur les conclusions de notredit avocat, que la partie sera tenue de faire cesser le péril dans le temps qui sera prescrit par le jugement, et enjoint au commissaire de la voirie d'y veiller.

Art. 7. Au cas que la partie soutienne qu'il n'y a aucun danger, elle aura la faculté de nommer un expert de sa part, pour faire la visite conjointement avec celui qui sera nommé par notre procureur audit bureau, et sera tenue la partie de le nommer sur-le-champ, sinon sera passé outre à la visite par l'expert seul qui aura été nommé par notredit procureur.

Art. 8. La visite sera faite dans le temps qui aura été fixé par la sentence en présence de la partie, ou elle dûment appelée au domicile de son procureur, si elle a comparu, sinon en la forme prescrite par l'art. 4 ci-dessus, et ce, soit que la sentence ait été donnée contradictoirement ou par défaut, sans qu'il soit nécessaire, même dans le cas de la sentence rendue par défaut, d'attendre l'expiration de la huitaine; et en cas que la partie ait nommé un expert de sa part, et que les experts se trouvent d'avis différents, il sera nommé un tiers expert au premier jour d'audience, la partie présente, ou dûment appelée au domicile de son procureur.

Art. 9. Sur le vu du rapport de l'expert ou des experts, la partie ouïe à l'audience, ou elle dûment appelée au domicile de son procureur, s'il y en a, ou s'il n'y en a point, en la forme prescrite par l'art. 4 ci-dessus, et ouï le commissaire de la voirie, ensemble notre avocat audit bureau en ses conclusions, il sera ordonné, s'il y a lieu, que dans un certain temps le propriétaire de la maison sera tenu de faire cesser le péril et d'y mettre à cet effet ouvriers; à faute de quoi, ledit temps passé, et sans qu'il soit besoin d'appeler les parties, sur le simple rapport verbal du commissaire de la voirie au bureau, portant qu'il n'y a été mis ouvriers, les juges ordonneront qu'il en sera mis à la requête de notre procureur audit bureau, poursuite et diligence dudit commissaire de la voirie, à l'effet de quoi les deniers seront avancés par le receveur des amendes, dont lui sera délivré exécutoire sur la partie, pour en être remboursé par privilége et préférence à tous autres sur le prix des matériaux provenant des démolitions, et subsidiairement sur le fonds et superficie des bâtiments desdites maisons; ce qui sera pareillement observé dans le cas de l'art. 4 ci-dessus.

Art. 10. Dans les occasions où le péril serait si urgent qu'on ne pourrait attendre le jour de l'audience, ni observer les formalités ci-dessus, sans risquer quelque accident fâcheux, sur le rapport qui sera fait par le commissaire de la voirie à l'un des trésoriers de France, qui sera commis à cet effet par le président de service audit bureau au commencement de chaque semestre, même qui pourra être continué au delà dudit semestre, et les parties appelées en la forme prescrite par l'art. 4, sera statué par ledit juge en son hôtel, par provision, ce qu'il jugera absolument nécessaire pour la sûreté publique.

Art. 11. Le bureau dés finances et le lieutenant général de police connaîtront comme par le passé concurremment et par prévention des périls imminents des maisons et bâtiments de notre bonne ville et faubourgs de Paris, en ce qui regarde les murs ayant face sur rue, et tout ce qui pourrait par sa chute nuire à la sûreté ou à la voie publique; et celui desdits juges devant lequel la première assignation aura été donnée, en connaîtra exclusivement à l'autre jusqu'à jugement définitif, sauf l'appel en notre cour de parlement : voulons que s'il y a des assignations données le même jour dans les deux juridictions, la connaissance en appartienne audit lieutenant général de police, et qu'en cas de contestation sur la compétence, nos procureurs soient tenus de se pourvoir devant nos avocats et procureur général en notre cour de parlement, pour y être par notredite cour statué ainsi qu'il appartiendra, sans qu'il soit besoin d'y appeler les parties intéressées, ni qu'elles puissent se pourvoir contre les arrêts rendus entre nosdits procureurs.

Art. 12. Voulons que les jugements interlocutoires ou définitifs qui seront rendus par le bureau des finances sur ce qui concernera lesdits périls imminents soient exécutés par provision, nonobstant et sans préjudice de l'appel.

ORDONNANCE DU BUREAU DES FINANCES QUI MET LA RÉPARATION DU PAVÉ A LA CHARGE DES PARTICULIERS

Du 27 juin 1760.

Art. 1er. L'entrepreneur de l'entretien du pavé continuera de jouir du *droit exclusif* de faire seul les raccordements de pavé, de bornes, de seuils de devantures de maisons, de travailler au rétablissement des trous causés par les étaies dans les rues de Paris, à l'occasion des réparations à faire aux maisons, ou pour des reposoirs ou échafauds, et de rétablir les tranchées des fontaines, qui ne pourront être faites que de notre ordre et permission.

Art. 2. Conformément au rapport contenant devis et détail estimatif déposé au greffe de ce bureau, le prix des fournitures et tuyaux à faire pour les particuliers par ledit entrepreneur est fixé ainsi qu'il suit:

Pour chaque pavé neuf, cinq sous ;

Pour chaque toise de pavé neuf, compris soixante-quatre pavés neufs à fournir par l'entrepreneur, mais non les terrasses, que les propriétaires feront faire par tels ouvriers que bon leur semblera, dix-sept livres dix-huit sous ;

Pour chaque toise de relevé à bout de pavé, y compris six pavés neufs fournis par l'entrepreneur, quatre livres douze sous ;

Pour chaque toise courante de tranchée de fontaine, de trois pieds de large sur deux pieds de profondeur, y compris les terrasses et trois pavés neufs, quatre livres huit sous ;

Pour un raccommodement de seuil de porte cochère du côté de la rue seulement, y compris quatre pavés neufs, quatre livres ;

Pour chaque raccordement d'un grand seuil de boutique, y compris quatre pavés neufs, quatre livres;

Pour le raccordement d'un seuil d'allée, ou autres de même espèce, y compris deux pavés neufs, deux livres ;

Pour le raccordement d'une trappe, y compris trois pavés neufs, trois livres quinze sous ;

Pour le raccordement d'une borne, y compris deux pavés neufs, deux livres.

Art. 3. L'entrepreneur ne pourra fournir, en chaque nature d'ouvrage, ni plus ni moins de pavés neufs que la quantité prescrite et de l'échantillon, qui est fixée par son bail.

Art. 4. En payant par les propriétaires à l'entrepreneur le pavé neuf, le pavé de rebut appartiendra auxdits propriétaires, ou sera enlevé par l'entrepreneur, au choix des premiers, sans que pour ce ils puissent rien exiger de l'entrepreneur.

ORDONNANCE DU BUREAU DES FINANCES DE PARIS, CONFORME A L'ARRÊT DU 19 NOVEMBRE 1666, RELATIVEMENT AUX ENSEIGNES

Du 25 mai 1761.

Les enseignes seront à la hauteur de 15 pieds (3 mètres) au moins, depuis le pavé de la rue jusqu'à la partie inférieure du tableau.

Lesdites enseignes n'auront au plus que 3 pieds (1 mètre) de saillie du nu du mur dans les rues de 16 pieds (5 mètres) de largeur et plus, et 2 pieds et demi (7 décimètres) dans les autres.

Lesdites enseignes seront faites en forme de tableau, lequel ne pourra avoir dans les grandes rues (de 5 mètres et plus de large) plus de 2 pieds (7 décimètres) de largeur sur 3 pieds (1 mètre) de haut, y compris la potence de fer, l'écriture et les étalages y pendants ; et dans les petites rues, plus de 18 pouces (5 décimètres) de largeur, et 2 pieds et demi (8 décimètres) de haut.

Tous massifs et reliefs servant d'enseignes sont supprimés.

ORDONNANCE DE POLICE CONCERNANT LES ENSEIGNES

Du 17 décembre 1761.

Tous marchands et artisans, de quelque condition qu'ils soient et généralement toutes personnes qui se servent d'enseignes pour l'exercice et l'indication de leur commerce dans cette ville et faubourgs de Paris, seront tenus de faire appliquer leursdites enseignes en forme de tableaux contre le mur des boutiques, lesquelles enseignes ne pourront avoir plus de quatre pouces de saillie ou d'épaisseur du nu du mur, en y comprenant les bordures ou tels autres ornements que le propriétaire jugera à propos d'y ajouter, tant pour la décoration de ladite enseigne ou tableau, que pour l'indication de son commerce.

Ordonnons également que tous les étalages servant à indiquer tel commerce ou telle profession, et qui seront posés au-dessus des auvents ou au-dessus du rez-de-chaussée des maisons qui n'auront pas d'auvents, seront également supprimés et réduits à une avance de quatre pouces du nu du mur; comme aussi que tous massifs et toutes figures en relief servant d'enseignes seront supprimés, sauf aux particuliers, marchands ou artisans qui les auront, à réduire lesdites figures et massifs à un tableau qu'ils feront de même appliquer aux façades des boutiques et maisons par eux occupées ; à la charge par lesdits particuliers, marchands ou artisans, d'observer la forme et la réduction ci-dessus prescrites pour les autres enseignes ou tableaux ; ordonnons en outre que lesdits tableaux servant d'enseignes, ainsi que les massifs, étalages et figures en relief dont nous avons ordonné la suppression pour être réduits en tableaux, seront attachés avec crampons de fer haut et bas, scellés en plâtre dans le mur, et recouvrant les bords du tableau ou des susdits étalages, et non accrochés ou suspendus; que tous les particuliers seront tenus, dans ledit temps par nous prescrit, d'ôter et d'enlever en totalité les potences de fer qui servaient à suspendre leurs enseignes, ou à soutenir leurs massifs et figures en relief; et que notre présente ordonnance aura lieu pour toutes enseignes qui se trouvent suspendues dans tous les endroits qui servent de voie ou de passage, à peine contre les contrevenants d'être assignés et condamnés à l'amende si le cas y échet.

DÉCLARATION DU ROI CONCERNANT LES ALIGNEMENTS ET OUVERTURES DES RUES DE PARIS

Donnée à Versailles le 10 avril 1783. — (Registrée en Parlement le 8 juillet 1783.)

A ces causes et autres à ce nous mouvant, de l'avis de notre conseil, et de notre certaine science, pleine puissance et autorité royale, nous avons dit, déclaré et ordonné, et, par ces présentes signées de notre main, disons, déclarons et ordonnons, voulons et nous plaît ce qui suit :

Art. 1er. Ordonnons qu'à l'avenir, et à compter du jour de l'enregistrement de la présente déclaration, il ne puisse être, sous quelque prétexte que ce soit, ouvert et formé en la ville et faubourgs de Paris, aucune rue nouvelle qu'en vertu des lettres patentes que nous aurons accordées à cet effet, et que lesdites rues nouvelles ne puissent avoir moins de trente pieds de largeur ; ordonnons pareillement que toutes les rues dont la largeur est au-dessous de trente pieds soient élargies successivement à fur et à mesure des reconstructions des maisons et bâtiments situés sur lesdites rues.

Art. 2. En conséquence il sera incessamment procédé par les commissaires généraux de la voirie, à la levée des plans de toutes les rues de la ville et faubourgs de Paris dont il n'en a point encore été dressé, et à l'égard de celles dont il a déjà été levé des plans, déposés au greffe de notre bureau des finances, il sera seulement procédé au récollement d'iceux pour, sur la représentation qui nous sera faite de tous lesdits plans, être par nous réglé l'élargissement à donner à l'avenir à toutes les rues.

Art. 3. Faisons expresses inhibitions et défenses à tous propriétaires, architectes, entrepreneurs, maçons, charpentiers et autres, d'entreprendre ni en commencer aucunes constructions ou reconstructions quelconques de murs de face sur rues sans au préalable avoir déposé au greffe de notre bureau des finances le plan desdites constructions et reconstructions, et avoir obtenu des officiers dudit bureau les alignements et permissions nécessaires, lesquels ne pourront être accordés qu'en conformité des plans par nous arrêtés, dont il sera déposé des doubles tant au greffe de notre parlement qu'en celui de notre bureau des finances.

Art. 4. Chacun des propriétaires de maisons, bâtiments et murs de clôture situés sur les rues, sera tenu de contribuer aux frais des plans ordonnés ci-dessus, au prorata des toises de face de sa propriété, laquelle contribution nous avons fixée, à l'égard des plans à lever, à cinq sous par toise de maisons et bâtiments de face sur la rue, et pareillement à trois sous par toise de mur de clôture, et à la moitié seulement pour les plans déjà levés, et qui seront seulement recollés. N'entendons que puissent être assujettis à ladite contribution les édifices ou établissements publics, ni les maisons appartenant aux hôpitaux.

Art. 5. La hauteur des maisons et bâtiments en la ville et faubourgs de Paris, autres que les édifices publics, sera et demeurera fixée, savoir : dans les rues de trente pieds de largeur et au-dessus, à soixante pieds lorsque les constructions seront faites en pierres et moellons, et à quarante-huit pieds seulement lorsqu'elles seront faites en pans de bois ; dans les rues depuis vingt-quatre jusques et compris vingt-neuf pieds de largeur, à quarante-huit pieds, et dans toutes les autres rues à trente-six pieds seulement ; le tout y compris les mansardes, attiques, toits et autres constructions quelconques au-dessus de l'entablement : ordonnons en conséquence que les maisons et bâtiments, dont l'élévation excède celles ci-dessus fixées, y seront réduites lors de leur reconstruction.

Art. 6. Faisons défenses à tous propriétaires, charpentiers, maçons et autres de construire et adapter aux maisons et bâtiments situés en la ville et faubourgs de Paris, aucun autre bâtiment en saillie et porte à faux, sous quelque prétexte que ce soit : enjoignons aux propriétaires et locataires des maisons où il a été adapté de pareilles saillies, soit en maçonnerie ou en charpente, de les supprimer et démolir dans un mois, à compter du jour de l'enregistrement de la présente déclaration.

Art. 7. Ceux qui contreviendront à l'exécution de la présente déclaration, soit en perçant quelques nouvelles rues, soit en élevant leurs maisons au-dessus des hauteurs ci-dessus déterminées, en y adaptant des bâtiments en saillie et porte à faux, soit en ne se conformant point aux alignements qui leur seront donnés, seront condamnés, quant aux propriétaires, en trois mille livres d'amende applicables à l'hôpital général, les ouvrages démolis, les matériaux confisqués et les places réunies à notre domaine; et à l'égard des maîtres maçons, charpentiers et autres ouvriers, en mille livres d'amende applicables comme dessus; et déchus de leurs maîtrises sans pouvoir être rétablis par la suite. Attribuons la connaissance desdites contraventions aux officiers de notre bureau des finances en ce qui concerne la voirie, à l'égard des autres contraventions. aux juges qui en doivent connaitre, le tout, sauf l'appel en notre cour de parlement. Si donnons en mandement à nos amés et féaux conseillers les gens tenant notre cour de parlement à Paris, que ces présentes ils ayent à faire registrer, et le contenu en icelles garder, observer et exécuter pleinement et paisiblement, cessant et faisant cesser tous troubles et empêchements et nonobstant toutes choses à ce contraires : car tel est notre plaisir; en témoin de quoi nous avons fait mettre notre scel à cesdites présentes.

ARRÊT DU CONSEIL D'ÉTAT CONCERNANT LES EGOUTS

Du 22 janvier 1785.

Le roi, étant en son conseil, a ordonné et ordonne qu'en dérogeant à l'arrêt du conseil du 21 juin 1721, en faveur des propriétaires des maisons construites sur les égouts, les prévôt des marchands et échevins seront autorisés à faire procéder au curement desdits égouts aux dépens de la ville seule, et sans que lesdits propriétaires soient tenus d'y contribuer, en considération de la défense dont Sa Majesté ordonne la plus rigoureuse exécution, de pratiquer aucunes ouverture ou communication avec lesdits égouts pour l'écoulement des eaux et latrines de leurs maisons; *et quant aux dépenses de pavement et de toutes autres réparations relatives, tant auxdits égouts qu'aux maisons sous lesquelles ils passent*, ordonne, Sa Majesté, qu'elles seront faites par les propriétaires des maisons et terrains, sans que, dans aucun cas et sous aucun prétexte, lesdits prévôt des marchands et échevins puissent les dispenser pour l'avenir de cette charge, n'exceptant de cette obligation pour le passé que ceux qui pourront justifier de conventions contraires.

ORDONNANCE DE POLICE CONCERNANT LA COMMODITÉ ET LA LIBERTÉ DE LA VOIE PUBLIQUE

Du 28 janvier 1786. — (Renouvelant une pareille ordonnance du 1er décembre 1755.)

Art. 1er. Nous ordonnons que les règlements des 3 janvier 1356, novembre 1539, décembre 1607, 19 novembre 1666, 22 mars 1720 et les ordonnances de police, seront exécutés selon leur forme et teneur. Enjoignons aux propriétaires, maîtres maçons, charpentiers et entrepreneurs de bâtiments, de renfermer, tailler et préparer dans l'intérieur desdits bâtiments les pierres et matériaux destinés à iceux, autant que ledit intérieur en pourra contenir, à peine de deux cents livres d'amende.

Art. 2. Nous faisons très-expresses inhibitions et défenses auxdits propriétaires, maçons, charpentiers, menuisiers, couvreurs et autres entrepreneurs de bâtiments, de faire décharger dans les rues et places de cette ville des pierres de taille, moellons, charpente et autres matériaux destinés aux constructions et réparations des bâtiments, que préalablement ils n'aient fait constater par les commissaires des quartiers qu'il n'est pas possible de les renfermer dans l'intérieur des bâtiments, et qu'ils n'aient obtenu des-

dits commissaires des emplacements pour lesdits matériaux ; comme aussi d'en déposer ailleurs que dans ceux qui leur auront été assignés par lesdits commissaires : le tout sous la même peine de deux cent livres d'amende.

Art. 3. Seront tenus, sous les mêmes peines, lesdits entrepreneurs de places de retenir dans l'intérieur des bâtiments qu'ils démoliront, les pierres, bois et autres matériaux en provenant : leur défendons de les sortir et déposer dans les rues, sauf à eux à se pourvoir de magasins suffisants pour les contenir.

Art. 4. Il ne pourra être mis dans les rues et places de cette ville plus grande quantité de pierres, moellons et charpente que ce qui pourra être employé dans le cours de trois jours, ou au plus, de la semaine, et ce dans le cas où il sera estimé par le commissaire du quartier que le passage public n'en sera pas gêné et resserré, à l'exception néanmoins des matériaux destinés pour les édifices publics.

Art. 5. Les propriétaires, maîtres maçons, charpentiers et autres entrepreneurs, ne pourront faire sortir dans les rues et places les décombres, pierres, moellons, terres, gravois, ardoises, tuileaux et autres matières provenant des démolitions des bâtiments qu'autant qu'ils pourront les faire enlever dans le jour; en sorte qu'il n'en reste pas pendant la nuit, sous peine de deux cents livres d'amende.

Art. 6. Enjoignons, sous les mêmes peines, auxdits propriétaires, maîtres maçons, charpentiers et autres entrepreneurs de bâtiments, de faire balayer tous les jours, aux heures prescrites par les règlements, les rues le long de leurs bâtiments et ateliers, de faire enlever les recoupes trois fois la semaine, et même plus souvent s'il est nécessaire, de manière que leurs ateliers n'en soient point engorgés ; de faire ranger leurs pierres et matériaux destinés aux constructions le long des murs, sans cependant les appuyer contre iceux, et en laissant libre l'entrée des maisons et les appuis au-devant des boutiques : de telle sorte qu'il reste, autant qu'il sera possible, dans les rues un espace de trois toises entièrement libre, afin que deux voitures puissent y passer de front ; et dans le cas où ils ne pourraient pas laisser trois toises entièrement libres, les matériaux seront déposés dans les carrés, entre lesquels on laissera des places vacantes pour ranger, au besoin, de secondes voitures : le tout conformément aux permissions qui auront été délivrées.

Art. 7. Seront tenus les tailleurs de pierres de ranger les pierres qu'ils travailleront, de manière que les éclats et recoupes ne puissent causer aucune malpropreté dans les rues ni blesser les passants ; leur enjoignons en conséquence de tourner la partie qu'ils tailleront du côté du mur le long duquel seront déposés les pierres et matériaux, le tout à peine de cent livres d'amende.

Art. 8. Ordonnons aux couvreurs d'observer les anciennes ordonnances, en conséquence leur défendons de jeter les recoupes, plâtres et ardoises dans les rues, et leur enjoignons de les descendre ou de faire descendre par leurs ouvriers, sous peine de deux cents livres d'amende, même de plus grande peine si le cas y échéait.

Art. 9. Enjoignons aux maîtres couvreurs faisant travailler aux couvertures des maisons, de faire pendre au-devant d'icelles deux lattes en forme de croix au bout d'une corde, et d'attacher auxdites lattes un morceau de drap d'une couleur voyante ; leur enjoignons aussi et à tous autres qui font travailler dans le haut des maisons, lorsqu'il y aura le moindre danger pour les passants, de faire tenir dans la rue un homme pour avertir du travail et prévenir les accidents de pierres, plâtres, tuiles et autres matériaux qui pourraient échapper dans le cours de leurs travaux.

Art. 11. Faisons défenses, sous les mêmes peines, à tous serruriers, tapissiers, layetiers, chaudronniers, bahutiers et à tous autres, de travailler dans les rues et d'y établir des ateliers et tréteaux.

Art. 12. Faisons défenses, sous les mêmes peines de deux cents livres d'amende, à tous sculpteurs, marbriers, menuisiers, serruriers, charpentiers, selliers, charrons, marchands de bois, tapissiers, frippiers et autres, de laisser sur le pavé au-devant de leurs maisons, sous quelque prétexte que ce soit, aucuns marbres, trains, carrosses, arbres, poutres, planches et autres choses destinées à être travaillées, ni aucun autre objet de leurs métiers et professions, même pour servir de montre.

ORDONNANCE DE POLICE SUR L'ÉPUISEMENT DE L'EAU DANS LES CAVES

Du 24 pluviôse an X (13 février 1802.)

Art. 1er. Les propriétaires feront épuiser l'eau qui serait encore dans les caves et souterrains de leurs maisons; ils feront aussi enlever les vases et limons qui s'y trouveront, le tout à peine de 400 francs d'amende. (Ordonnance du 28 janvier 1741.)

Art. 2. Autorisons les locataires, à défaut des propriétaires, à faire épuiser l'eau de leurs caves et à retenir sur les loyers le prix de l'épuisement. (Ordonnance du 14 mai 1701)

Art. 3. Elles (les réparations) seront faites sans délai en cas de péril imminent, le tout à peine de 400 francs d'amende. (Ordonnance du 28 janvier 1741.)

DÉCRET QUI ORDONNE QU IL SERA PROCÉDÉ AU NUMÉROTAGE DES MAISONS DE PARIS, D APRÈS LES ORDRES ET LES INTENTIONS DU MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR

Du 15 pluviôse an XIII (4 février 1805.)

Art. 1er. Il sera procédé, dans le délai de trois mois, au numérotage des maisons de Paris d'après les ordres et instructions du ministre de l'intérieur.

Art. 2. Ce numérotage sera établi par une suite de numéros pour la même rue, lors même qu'elle dépendrait de plusieurs arrondissements municipaux, et par un seul numéro qui sera placé sur la porte principale de chaque habitation. Ce numéro pourra être répété sur les autres portes de la maison lorsqu'elles s'ouvriront sur la même rue que la porte principale. Dans le cas où elles s'ouvriraient sur une rue différente, elles prendront le numéro de la série appartenant à cette rue.

Art. 3. Les rues dites des faubourgs, quoique formant continuation à une rue du même nom, prendront une nouvelle suite de numéros.

Art. 4. La série des numéros sera formée des nombres pairs pour le côté droit de la rue, et des nombres impairs pour le côté gauche.

Art. 5. Le côté droit d'une rue sera déterminé, dans les rues perpendiculaires ou obliques au cours de la Seine, par la droite du passant se dirigeant vers la rivière, et dans celles parallèles, par la droite du passant marchant dans le sens du cours de la rivière.

Art. 6. Dans les îles, le grand canal de la rivière coulant au nord déterminera seul la position des rues.

Art. 7. Le premier numéro de la série, soit paire, soit impaire, commencera dans les rues perpendiculaires ou obliques au cours de la Seine, à l'entrée de la rue, prise au point le plus rapproché de la rivière, et dans les rues parallèles, à l'entrée prise en remontant le cours de la rivière; de manière que, dans les premières, les nombres croissent en s'éloignant de la rivière, et dans les secondes en la descendant.

Art. 8. Dans les rues perpendiculaires ou obliques au cours de la rivière, le numérotage sera exécuté en noir sur un fond d'ocre; dans les rues parallèles, il le sera en rouge sur le même fond.

Art. 9. Le numérotage sera exécuté à l'huile, et, pour la première fois, par la commune de Paris.

Art. 10. A cet effet, il sera passé par-devant le préfet du département de la Seine une adjudication au rabais de l'entreprise du numérotage exécuté à l'huile, à tant par numéro, de grandeur, de forme et de couleur déterminées par le cahier des charges.

Art. 11. L'entretien du numérotage est à la charge des propriétaires; ils pourront en conséquence le faire exécuter à leurs frais, d'une manière plus durable, soit en tôle vernissée, soit en faïence ou terre à poêle émaillée, en se conformant cependant aux autres dispositions du présent décret sur la couleur des numéros et la hauteur à laquelle ils doivent être placés.

DÉCRET QUI FIXE UNE DISTANCE POUR LES CONSTRUCTIONS DANS LE VOISINAGE DES CIMETIÈRES HORS DES COMMUNES

Du 7 mars 1808.

Art. 1er. Nul ne pourra, sans autorisation, élever aucune habitation, ni creuser aucun puits, à moins de cent mètres des nouveaux cimetières transférés hors des communes en vertu des lois et règlements.

Art. 2. Les bâtiments existants ne pourront également être restaurés ni augmentés sans autorisation.

Les puits pourront, après visite contradictoire d'experts, être comblés, en vertu d'ordonnance du préfet du département, sur la demande de la police locale.

DÉCRET DU 27 AOÛT 1808

DROIT DE VOIRIE POUR TOUS

Napoléon, etc. — Sur le rapport de notre ministre de l'intérieur, notre conseil d'État entendu, — nous avons décrété et décrétons ce qui suit :

Art. 1er. A compter du 1er juillet prochain, les droits dus dans la ville de Paris, d'après les anciens règlements sur le fait de la voirie pour les délivrances d'alignements, permissions de construire ou réparer, et autres permis de toute espèce, qui se requièrent en grande ou en petite voirie, seront perçus conformément au tarif joint au présent décret.

Art. 2. La perception de ces droits sera faite à la préfecture du département pour les objets de grande voirie, et à la préfecture de police pour les objets de petite voirie, par le secrétaire général de chacune de ces administrations, à l'instant même qu'il délivrera les expéditions des permis accordés.

Art. 3. Il sera tenu dans chacune des deux préfectures : 1° un registre à souche, où seront inscrites, sous une seule série de numéros pour le même exercice, les minutes desdits permis, et d'où se détacheront les expéditions à en délivrer ; 2° un registre de recette, où s'inscriront, jour par jour, les recouvrements opérés.

Ces deux registres seront cotés et parafés par les préfets, chacun pour ce qui concerne son administration.

Art. 4. Le versement des sommes recouvrées s'effectuera de quinze jours en quinze jours, à la caisse du receveur municipal de la ville de Paris.

Art. 5. Il sera, de plus, adressé audit receveur, dans les dix premiers jours de chaque mois, et par chacun des préfets pour son administration, un bordereau indicatif des permis accordés dans le mois précédent, du montant des droits dus pour chacun, du recouvrement qui en a été fait ou qui reste à faire.

Art. 6. A l'envoi du bordereau prescrit par l'article ci-dessus, seront jointes les expéditions de permis qui se trouveraient n'avoir pas encore été retirées par les demandeurs, et dont les droits resteraient à acquitter. Le receveur de la ville en poursuivra le recouvrement dans les formes usitées en matière de contribution directe.

Art. 7. Il ne sera rien perçu en sus des droits portés au tarif, ou pour autres causes que celles y énoncées, même sous prétexte de droit de quittance, frais de timbre ou autres, à peine de concussion.

ORDONNANCE DU ROI PORTANT DÉFENSES D'ÉTABLIR DES CONDUITES D'EAU MÉNAGÈRES EN COMMUNICATION AVEC LES ÉGOUTS DE PARIS

Du 30 septembre 1814.

ÉGOUTS. — CONDUITES D'EAUX MÉNAGÈRES

Louis, etc.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'État de l'intérieur, notre conseil d'État entendu, nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. L'arrêt du conseil d'État, du 22 janvier 1785, portant défense à tous propriétaires de maisons, dans notre bonne ville de Paris, de pratiquer aucune ouverture ni communication avec les égouts, pour l'écoulement des eaux et des latrines desdites maisons, continuera d'être exécuté suivant sa forme et teneur, et sans aucune dérogation en ce qui concerne les eaux provenant des fosses d'aisances : en conséquence, ledit arrêt sera réimprimé, publié et affiché dans toute l'étendue de la ville de Paris, aux lieux ordinaires et dans les formes accoutumées, ainsi que la présente ordonnance.

Art. 2. Cet arrêt sera également exécuté en ce qui concerne les eaux ménagères et pluviales, sauf les cas d'exception déterminés par l'article suivant.

Art. 3. Lorsque, d'après les dispositions naturelles ou accidentelles d'une maison, le sol de ses rez-de-chaussée, cours ou jardins se trouvant au-dessous du sol de la rue, il y aura impossibilité reconnue et constatée de conduire au dehors par une pente d'au moins cinq millimètres par mètre, les eaux ménagères et pluviales pour les faire écouler par les ruisseaux des rues et places, il pourra être permis au propriétaire d'établir une communication souterraine entre sa maison et l'égout le plus voisin, pour y conduire lesdites eaux. Dans tout autre cas, non-seulement il ne sera permis aucune communication de ce genre, mais celles maintenant existantes seront supprimées aux frais des propriétaires comme abusivement établies.

Art. 4. Les moyens d'opérer la communication qui aura été permise, dans le cas de l'article précédent, seront établis de la manière suivante :

1° Le propriétaire fera construire sur son terrain et à ses frais, soit en pierres de taille, soit en meulière, un puisard où se rendront les eaux pluviales et ménagères, et d'où elles passeront dans une conduite aboutissant à l'égout ;

2° L'emplacement du puisard sera distant de trois mètres au moins de toute fosse d'aisance ; et si quelque circonstance empêche d'observer cette distance, il y sera suppléé en enveloppant le puisard extérieurement, tant sur son fond que sur ses côtés, et ce jusqu'à vingt centimètres du sol, soit d'une chape de ciment de dix centimètres d'épaisseur, soit d'un corroi de glaise de vingt-cinq centimètres ;

3° Le puisard n'aura pas moins de soixante centimètres de hauteur sur soixante de largeur, le tout en œuvre. S'il est construit en pierres de taille, elles seront posées avec mortier de chaux et ciment, et les joints seront refaits avec mastic de limaille de fer. S'il est construit en pierres de meulière, elles seront ourdées avec mortier de chaux et ciment, et revêtues intérieurement d'un enduit en chaux et ciment tamisé, de trois centimètres d'épaisseur. Ledit puisard sera couvert, à son entrée par un châssis en pierre de taille portant une grille, que le propriétaire sera tenu d'ouvrir à toute réquisition des préposés à l'entretien et au curage des égouts ;

4° Les propriétaires auront néanmoins la faculté de substituer au puisard ci-dessus décrit une cuvette ou auge, soit en bonne pierre et taillée dans un seul bloc, soit en fonte de fer et coulée en une seule pièce ; les dimensions et le châssis avec grille seront d'ailleurs les mêmes pour la cuvette comme pour le puisard ;

5° Les conduites à établir entre le puisard et l'égout seront en tuyaux de fer, ayant de dix à seize centimètres de diamètre intérieur, bien liées avec la maçonnerie lors de la

construction du puisard, et soigneusement assemblées avec des boulons à écrou et rondelles de plomb entre deux cuirs à chaque collet.

Lesdites conduites suivront, autant que possible, une ligne droite en partant du puisard pour se rendre à l'égout ; elles auront au moins cinq millimètres de pente par mètre de longueur jusqu'au coude qu'elles formeront avec le tuyau entrant dans l'égout : elles seront placées conformément aux coupes annexées à la présente.

Les tranchées ouvertes dans les pieds-droits de la voûte des égouts, pour le passage desdits tuyaux, seront remplies et ragréées suivant les règles de l'art, de manière que les chaînes de pierre ne soient jamais entaillées ;

6° L'orifice de la conduite en fonte sera placé dans le puisard à cinquante centimètres au plus au-dessous de la surface du châssis en pierre portant la grille ; l'entrée de ladite conduite sera garnie d'une grille ou d'une crapaudine scellée, pour prévenir les engorgements qui naîtraient de l'introduction de pailles, herbages, feuilles et autres ordures ;

7° Si dans certains cas il était reconnu nécessaire d'établir des regards sur le cours des conduites, il y sera pourvu par le préfet (du département), d'après le rapport des ingénieurs préposés au service des égouts.

8° Les propriétaires se conformeront, au surplus, quant à la pose des conduites, quant à leurs dimensions, quant à celles des puisards et cuvettes, quant à la disposition des regards, s'il y a lieu, aux indications qui leur seront données par les ingénieurs préposés au service des égouts.

Art. 5. Les propriétaires qui auront obtenu la permission de conduire, par les moyens indiqués dans l'article précédent, leurs eaux *ménagères* ou *pluviales* dans les égouts, seront libres de faire exécuter, par qui bon leur semblera, les travaux nécessaires ; mais ils seront tenus de souffrir pendant l'exécution de ces travaux la surveillance des préposés par l'administration, qui feront en outre la réception desdits ouvrages.

Art. 6. Les permissions données en exécution de la présente n'auront d'effet que jusqu'à l'époque de la reconstruction des maisons en faveur desquelles ces permissions auront été accordées : ce cas de reconstruction arrivant, les propriétaires seront tenus de relever le sol de leur terrain et d'en faire concorder le nivellement avec celui de la voie publique, au moyen de quoi toute communication avec les égouts leur sera interdite même pour les cuisines, basses-cours, buanderies, teintureries et autres établissements qu'ils jugeront à propos de construire dans les souterrains de ces nouvelles bâtisses. Ils seront en conséquence tenus de détruire à leurs frais celle qu'il leur avait été permis d'établir.

ORDONNANCE DE POLICE CONCERNANT LE PERCEMENT, LE CURAGE, LA RÉPARATION ET L'ENTRETIEN DES PUITS

Du 8 mars 1815.

Vu les règlements de police des 18 novembre 1701 et 4 septembre 1716, les ordonnances des 20 janvier, 3 décembre 1727, 13 mai 1734 et 15 novembre 1741, etc.

§ 1er. — Percement des puits.

Art. 1er. Aucun puits ne sera percé, aucune opération d'approfondissement, de sondage, de réparations et autres, ne sera entreprise dans Paris sans une déclaration au département de la police.

L'entrepreneur désignera l'endroit où l'on a le projet de faire les travaux.

Art. 2. Dans un mois à compter de la publication de la présente ordonnance, les entrepreneurs, perceurs, cureurs, sondeurs et autres ouvriers travaillant à des puits dans le département de la Seine, seront tenus de se faire inscrire à l'administration de la police de Paris.

Art. 3. En exécution de la loi du 22 germinal an XI, les ouvriers sondeurs de puits seront tenus d'avoir des livrets.

Les cureurs seront pourvus d'une médaille qui leur sera délivrée au département de la police.

Art. 4. Il est enjoint à tous entrepreneurs de puits de ne se servir que d'ouvriers porteurs de livrets.

Art. 5. Dans un mois à compter de la publication de la présente ordonnance, les puits, quel que soit leur genre de construction, seront entourés de margelle en maçonnerie ou avec des barres de fer.

A défaut de margelle, les puits situés dans les marais seront défendus par une enceinte formée par un mur en maçonnerie ou en terre, d'un mètre de hauteur à un mètre au moins de distance du puits.

Le tout à peine de l'amende déterminée par les règlements des 18 novembre 1701 et 3 décembre 1727, maintenus par l'art. 484 du Code pénal.

§ 2. — Curage.

Art. 6. Il est défendu d'employer au curage d'un puits des ouvriers qui n'auraient pas de médaille.

Art. 7. Les cureurs ne pourront descendre dans les puits, pour quelque cause que ce soit, sans être ceints d'un bridage dont l'extrémité sera tenue par un ouvrier placé à l'extérieur.

Art. 8. Les puits abandonnés ou qui, sans être abandonnés, pourraient être soupçonnés de méphitisme, ne seront curés que d'après l'instruction annexée à la présente ordonnance.

On prendra les mêmes précautions lorsque les travaux auront été suspendus pendant vingt-quatre heures.

Art. 9. Si, nonobstant les précautions indiquées par l'instruction, un ouvrier était frappé du plomb, les travaux seraient suspendus.

Il est enjoint aux propriétaires, locataires et entrepreneurs d'en faire sur-le-champ la déclaration à Paris, au commissaire de police, et au maire, dans les communes rurales.

Art. 10. Lorsqu'un puits sera reconnu méphitisé, il sera par nous statué si les eaux peuvent être coulées dans le ruisseau sans danger, ou s'il est important pour la salubrité de les faire transporter à la voirie de Montfaucon ; dans ce dernier cas, l'opération ne pourra être faite que par des ouvriers vidangeurs et dans des tinettes hermétiquement fermées.

§ 3. — Réparations.

Art. 11. Les maçons, appelés à la réparation ou à la reconstruction d'un puits dont l'eau aura été trouvée corrompue ne pourront y travailler qu'avec les précautions ci-après :

Art. 12. Tout maçon chargé de la réparation d'un puits sera tenu, tant que durera l'extraction des pierres des parties à réparer, d'avoir à l'extérieur du puits autant d'ouvriers qu'il en emploira dans l'intérieur.

Art. 13. Chaque ouvrier travaillant à l'extraction des pierres d'un puits à réparer sera ceint d'un bridage dont l'attache sera tenue par un ouvrier placé à l'extérieur.

Art. 14. Si des ouvriers maçons sont frappés du plomb pendant la démolition ou réparation d'un puits, les travaux seront suspendus et déclaration en sera faite dans le jour, à Paris, au commissaire de police, et au maire dans les communes rurales.

La démolition ou réparation ne pourra en être reprise qu'avec les précautions qui seront prescrites par l'autorité locale, sur l'avis des gens de l'art.

§ 4. — Entretien.

Art. 15. Il est enjoint aux propriétaires ou principaux locataires des maisons où il y a des puits de les entretenir en état de service et garnis de cordes, poulies et seaux, ou d'avoir soin que les pompes ou autres machines hydrauliques qui y seraient établies soient constamment maintenues en bon état, de manière qu'on puisse s'en servir en cas d'incen-

die, sous les peines portées par les ordonnances de police des 20 janvier 1727, 15 mai 1734 et 15 novembre 1781.

§ 5. — Dispositions générales.

Art. 16. Les entrepreneurs sont responsables des contraventions aux dispositions de la présente ordonnance.

Art. 17. Les ouvriers qui trouveraient dans les puits soit des objets qui pourraient faire soupçonner un délit, soit des effets quelconques, en feront la déclaration chez un commissaire de police, et au maire dans les communes rurales.

Il leur sera donné une récompense s'il y a lieu.

ORDONNANCE DU ROI PORTANT RÈGLEMENT SUR LES SAILLIES, AUVENTS ET CONSTRUCTIONS SEMBLABLES A PERMETTRE DANS LA VILLE DE PARIS

Du 24 décembre 1823.

Louis, etc.

Vu l'ordonnance du bureau des finances de Paris, du 14 décembre 1725, portant détermination des saillies à permettre dans cette ville;

Vu les lettres patentes du 22 octobre 1733, concernant les droits de voirie;

Vu les lettres patentes du 31 décembre 1781, ordonnant l'exécution de différents règlements relatifs à la voirie de Paris;

Vu le décret du 27 octobre 1808, etc.

TITRE PREMIER

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Art. 1er. Il ne pourra, à l'avenir, être établi, sur les murs de face des maisons de notre bonne ville de Paris, aucune saillie autre que celles déterminées par la présente ordonnance.

Art. 2. Toute saillie sera comptée à partir du nu du mur au-dessus de la retraite.

TITRE II

DIMENSIONS DES SAILLIES

Art. 3. Aucune saillie ne pourra excéder les dimensions suivantes.

SECTION PREMIÈRE. — *Saillies fixes*

PILASTRES ET COLONNES EN PIERRES.

Dans les rues au-dessous de huit mètres de largeur.	0,05
Dans les rues de huit à dix mètres de largeur.	0,04
Dans les rues de douze mètres de largeur et au-dessus.	0,10

Lorsque les pilastres et les colonnes auront une épaisseur plus considérable que les saillies permises, l'excédant sera en arrière de l'alignement de la propriété, et le nu du mur de face formera arrière-corps à l'égard de cet alignement; toutefois les jambes étrières ou boutisses devront toujours être placées sur l'alignement.

Dans ce cas, l'élévation des assises de retrait sera réglée, à partir du sol.

Dans les rues de dix mètres de largeur et au-dessous, à.	0,80
Dans celles de dix à douze mètres de largeur, à.	1,00

Dans celles de douze mètres et au-dessous, à	1,15
Grands balcons	0,80
Herses, chardons, artichauts et fraises	0,80
Auvents de boutique	0,80
Petits auvents au-dessus des croisées	0,25
Bornes dans les rues au-dessous de dix mètres de largeur	0.50
Bornes dans les rues de dix mètres et au-dessus	0,80
Bancs de pierre aux côtés des portes de maisons	0,60
Corniches en menuiserie sur boutique	0,50
Abat-jour de croisée, dans la partie la plus élevée	0,35
Moulinets de boulanger et poulie	0,50
Petits balcons, y compris l'appui des croisées	0,22
Seuils, socles	0,22
Colonnes isolées en menuiserie	0,16
Colonnes engagées en menuiserie	0,16
Pilastres en menuiserie	0,16
Barreaux et grilles de boutiques	0,16
Appui de boutiques	0,16
Tuyaux de descente ou d'évier	0,16
Cuvettes	0,16
Devanture de boutique, toute espèce d'ornement compris	0,16
Tableaux, enseignes, bustes, reliefs, montres, attributs, y compris les bordures, supports et points d'appui	0,16
Jalousies	0,16
Persiennes ou contrevents	0,11
Appuis de croisée	0,08
Barres de support	0,08

(Les parements de décoration au-dessus du rez-de-chaussée n'auront que l'épaisseur des bois appliqués au mur.)

SECTION II. — *Saillies mobiles*

Lanternes ou transparents avec potence	0,75
Lanternes ou transparents en forme d'applique	0,22
Tableaux, écussons, enseignes, montres, étalages, attributs, y compris les supports, bordures, crochets et points d'appui	0,16
Appuis de boutique, y compris les barres et crochets	0,16
Volets, contrevents ou fermetures de boutiques	0,16

Art. 4. Les saillies déterminées par l'article précédent pourront être restreintes suivant les localités.

TITRE III

DISPOSITIONS RELATIVES A CHAQUE ESPÈCE DE SAILLIE

SECTION PREMIÈRE. — *Barrières au-devant des maisons*

Art. 5. Il est défendu d'établir des barrières fixes au-devant des maisons et de leurs dépendances, quelles qu'elles puissent être, tant dans les rues et places que sur les boulevards, à moins qu'elles ne soient reconnues nécessaires à la propreté et qu'elles ne gênent point la circulation.

La saillie de ces barrières ne pourra, dans aucun cas, excéder un mètre et demi.

Art. 6. Les propriétaires auxquels il aura été accordé la permission d'établir des barrières seront obligés de les maintenir en bon état.

SECTION II. — *Bancs, pas, marches, perrons, bornes*

Art. 7. Il ne sera permis de placer des bancs au-devant des maisons que dans les rues de dix mètres de largeur et au-dessus. Ces bancs seront en pierre, ne dépasseront pas l'alignement de la base des bornes, et seront établis dans toute leur longueur sur maçonnerie pleine et chanfreinée.

Art. 8. Il est défendu de construire des perrons en saillie sur la voie publique.

Les perrons actuellement existants seront supprimés, autant que faire se pourra, lorsqu'ils auront besoin de réparation.

Il ne sera accordé de permission que pour les pas et marches, lorsque les localités l'exigeront. Ces pas et marches ne pourront dépasser l'alignement de la base des bornes. En cas d'insuffisance de cette saillie, le propriétaire rachètera la différence du niveau en se retirant sur lui-même. Néanmoins les propriétaires des maisons riveraines des boulevards intérieurs de Paris pourront être autorisés à construire des perrons au-devant desdites maisons, s'il est reconnu qu'ils soient absolument nécessaires, et que les localités ne permettent pas aux propriétaires de se retirer sur eux-mêmes. Ces perrons, quelle qu'en soit la forme, ne pourront, sous aucun prétexte, excéder un mètre de saillie, tout compris, ni approcher à plus d'un mètre de distance de la ligne extérieure des arbres de la contre-allée.

Art. 9. Il est permis d'établir des bornes aux angles saillants des maisons formant encoignure de rue ; mais lorsque ces encoignures seront disposées en pan coupé de soixante centimètres au moins et d'un mètre au plus de largeur, une seule borne sera placée au milieu du pan coupé.

SECTION III. — *Grands balcons*

Art. 10. Les permissions d'établir de grands balcons ne seront accordées que dans les rues de dix mètres de largeur et au-dessus, ainsi que dans les places et carrefours, et ce d'après une enquête *de commodo et incommodo.*

S'il n'y a point d'opposition, les permissions sont délivrées. En cas d'opposition, il sera statué par le conseil de préfecture, sauf le recours au conseil d'État.

Dans aucun cas, les grands balcons ne pourront être établis à moins de six mètres du sol de la voie publique.

Le préfet de police sera toujours consulté sur l'établissement des grands et petits balcons.

SECTION IV. — *Constructions provisoires, échoppes*

Art. 11. Il pourra être permis de masquer par des constructions provisoires ou des appentis tout renfoncement entre deux maisons, pourvu qu'il n'ait pas au delà de huit mètres de longueur, et que sa profondeur soit au moins d'un mètre. Ces constructions ne devront, dans aucun cas, excéder la hauteur du rez-de-chaussée, et elles seront supprimées dès qu'une des maisons attenantes subira retranchement.

Il est permis de masquer par des constructions légères, en forme de pan coupé, les angles de toute espèce de retranchement au-dessus de huit mètres de longueur, mais sous la même condition que ci-dessus pour leur établissement et leur suppression.

Le préfet de police sera toujours consulté sur les demandes formées à cet effet.

Art. 12. Il est expressément défendu d'établir des échoppes en bois ailleurs que dans les angles et renfoncements hors de l'alignement des rues et places.

Toutes les échoppes existantes qui ne sont point conformes aux dispositions ci-dessus seront supprimées lorsque les détenteurs actuels cesseront de les occuper, à moins que l'autorité ne juge nécessaire d'en ordonner plus tôt la suppression.

SECTION V. — *Auvents et corniches de boutique*

Art. 13. Il est défendu de construire des auvents et corniches en plâtre au-dessus des boutiques. Il ne pourra en être établi qu'en bois, avec la faculté de les revêtir extérieurement de métal ; toute autre manière de les couvrir est prohibée.

Les auvents et corniches en plâtre actuellement établis au-dessus des boutiques ne pourront être réparés. Ils seront démolis lorsqu'ils auront besoin de réparation, et ne seront rétablis qu'en bois

SECTION VI. — *Enseignes*

ART. 14. Aucuns tableaux, enseignes, montres, étalages et attributs quelconques, n seront suspendus, attachés ni appliqués, soit aux balcons, soit aux auvents. Leurs dimensions seront déterminées, au besoin, par le préfet de police, suivant les localités.

Il pourra néanmoins être placé sous les auvents, des tableaux ou plafonds en bois, pourvu qu'ils soient posés dans une direction inclinée.

Tout étalage formé de pièces d'étoffe disposées en draperie et guirlande, et formant saillie, est interdit au rez-de-chaussée. Il ne pourra descendre qu'à trois mètres du sol de la voie publique.

Tout crochet destiné à soutenir des viandes en étalage devra être placé de manière que les viandes ne puissent excéder le nu des murs de face, ni faire aucune saillie sur la voie publique.

SECTION VII. — *Tuyaux de poêle et de cheminée*

ART. 15. A l'avenir et pour toutes les maisons de construction nouvelle, aucun tuyau de poêle ne pourra déboucher sur la voie publique.

Dans l'année de la publication de la présente ordonnance, les tuyaux de poêle crêtés et autres qui débouchent actuellement sur la voie publique, seront supprimés, s'il est reconnu qu'ils peuvent avoir une issue intérieure. Dans le cas où la suppression ne pourrait avoir lieu, ces mêmes tuyaux seraient élevés jusqu'à l'entablement, avec les précautions nécessaires pour assurer leur solidité et empêcher l'eau rousse de tomber sur les passants.

ART. 16. Les tuyaux de cheminée en maçonnerie et en saillie sur la voie publique seront démolis et supprimés, lorsqu'ils seront en mauvais état, ou que l'on fera de grosses réparation dans les bâtiments auxquels ils sont adossés.

Les tuyaux de cheminée en tôle, en poterie et en grès, ne pourront être conservés extérieurement sous aucun prétexte.

SECTION VIII. — *Bannes*

ART. 17. La permission d'établir des bannes ne sera donnée que sous la condition de les placer à trois mètres au moins au-dessus du sol, dans sa partie la plus basse, de manière à ne pas gêner la circulation. Leurs supports seront horizontaux. Elles n'auront de joues qu'autant que les localités le permettront, et les dimensions en seront déterminées par l'autorité.

Les bannes devront être en toile ou en coutil, et ne pourront, dans aucun cas, être établies sur châssis.

La saillie des bannes ne pourra excéder un mètre cinquante centimètres.

Dans l'année de la publication de la présente ordonnance, toutes les bannes qui ne seront pas conformes aux conditions exigées plus haut seront changées, réduites ou supprimées.

SECTION IX. — *Perches*

ART. 18. Les perches et étendoirs des blanchisseuses, teinturiers, dégraisseurs, couverturiers, etc., ne pourront être établis que dans des rues écartées et peu fréquentées, et après une enquête *de commodo et incommodo*, sur laquelle il sera statué comme il a été dit en l'article 10 ci-dessus.

SECTION X. — *Éviers*

ART. 19. Les éviers pour l'écoulement des eaux ménagères seront permis, sous la condition expresse que leur orifice extérieur ne s'élèvera pas à plus d'un décimètre au-dessus du pavé de la rue.

ECTION XI. — *Cuvettes*

Art. 20. A l'avenir et dans toutes les maisons de construction nouvelle, il ne pourra être établi en saillie sur la voie publique aucune espèce de cuvettes pour l'écoulement des eaux ménagères des étages supérieurs.

Dans les maisons actuellement existantes, les cuvettes placées en saillie seront supprimées lorsqu'elles auront besoin de réparation, s'il est reconnu qu'elles peuvent être établies à l'intérieur. Dans le cas contraire, elles seront disposées, autant que faire se pourra, de manière à recevoir les eaux intérieurement, et garnies de hausses pour prévenir le déversement des eaux et toute éclaboussure au-dessous.

SECTION XII — *Construction en encorbellement*

Art. 21. A l'avenir, il ne sera permis aucune construction en encorbellement; et la suppression de celles qui existent aura lieu toutes les fois qu'elles seront dans le cas d'être réparées.

SECTION XIII. — *Corniches ou entablements*

Art. 22. Les entablements et corniches en plâtre, au-dessus de seize centimètres de saillie, seront prohibés dans toutes les constructions en bois.

Il ne sera permis d'établir des corniches ou entablements de plus de seize centimètres en saillie, qu'aux maisons construites en pierre ou moellon, sous la condition que ces corniches seront en pierre de taille ou en bois, et que la saillie n'excèdera, dans aucun cas, l'épaisseur du mur à sa sommité.

On pourra permettre des corniches ou entablements en bois sur les pans de bois.

Les entablements ou corniches des maisons actuellement existantes qui auront besoin d'être reconstruites en tout ou en partie, seront réduits à la saillie de seize centimètres, s'ils sont en plâtre, et ne pourront excéder en saillie l'épaisseur du mur à sa sommité, s'ils sont en pierre ou bois.

SECTION XIV. — *Gouttières saillantes*

Art. 23. Les gouttières saillantes seront supprimées en totalité dans le délai d'une année, à partir de la publication de la présente ordonnance.

Il ne sera perçu aucun droit de petite voirie pour les tuyaux de descente qui seront établis en remplacement des gouttières saillantes supprimées dans ce délai.

SECTION XV. — *Devantures de boutique*

Art. 24. Les devantures de boutiques, montres, bustes, reliefs, tableaux, enseignes et attributs fixes, dont la saillie excède celle qui est permise par l'article 3 de la présente ordonnance, seront réduits à cette saillie, lorsqu'il y sera fait quelques réparations.

Dans aucun cas, les objets ci-dessus désignés qui sont susceptibles d'être réduits ne pourront subsister, savoir: les devantures de boutique, au delà de neuf années, et les autres objets, au delà de trois années, à compter de la publication de la présente ordonnance.

Les établissements du même genre qui sont mobiles seront réduits dans l'année.

Seront supprimées dans le même délai toutes saillies fixes, placées au-devant d'autres saillies.

Art. 25. Il n'est point dérogé aux dispositions des anciens règlements concernant les saillies, ni au décret du 13 août 1810, concernant les auvents des spectacles et de l'esplanade des boulevards, en tout ce qui n'est pas contraire à la présente ordonnance.

ORDONNANCE DE POLICE RENDUE POUR L'EXÉCUTION DE L'ORDONNANCE ROYALE DU 24 DÉCEMBRE 1823 SUR LES SAILLIES

Du 9 juin 1824.

Nous, préfet de police,

Vu : 1° l'ordonnance royale du 24 décembre 1823, concernant les saillies sur la voie publique dans la ville de Paris ;

2° La loi des 16-24 août 1790, titre XI, article 3, § Ier ;

3° L'article 471 du Code pénal, § 4, 5, 6 et 7 ;

4° Les règlements généraux relatifs à la petite voirie ;

5° L'article 21 de l'arrêté du gouvernement du 12 messidor an VIII (1er juillet 1800);

Attendu qu'il importe pour l'exécution de l'ordonnance du 24 décembre de prescrire les formalités particulières auxquelles doit donner lieu sa publication ;

Ordonnons ce qui suit :

SECTION PREMIÈRE

Art. 1er. L'ordonnance du roi du 24 décembre dernier, portant règlement sur les saillies, auvents et constructions semblables à permettre dans la ville de Paris, sera imprimée et affichée.

SECTION II. — *Saillies à établir*

Art. 2. Il est défendu à tous propriétaires, locataires, entrepreneurs et autres, d'établir, ni de faire établir, aucun objet en saillie sur la voie publique, sans en avoir obtenu la permission du préfet de police, pour ce qui concerne la petite voirie.

Art. 3. Les permissions seront délivrées sur les demandes des parties intéressées, après que les droits de petite voirie auront été acquittés.

L'espèce, le nombre et les dimensions des objets à établir devront, autant que faire se pourra, être indiqués dans les demandes. On sera tenu d'y joindre les plans qui seront jugés nécessaires.

Art. 4. Il est défendu d'excéder les limites et les dimensions fixées par les permissions, et d'établir d'autres objets que ceux qui y seront spécifiés.

Il est enjoint, en outre, de remplir exactement les conditions particulières qui seront exprimées dans les permissions.

Art. 5. Les emplacements affectés à l'affiche des lois et actes de l'autorité publique ne devront être couverts par aucune espèce de saillie.

Art. 6. Il est défendu de dégrader ni masquer les inscriptions indicatives des rues et des numéros des maisons.

Dans le cas où l'exécution des ouvrages nécessiterait momentanément la dépose des inscriptions de rues, il ne pourra y être procédé qu'avec l'autorisation de M. le préfet de la Seine.

Les numéros des maisons qui auront été effacés ou dégradés à l'occasion des mêmes ouvrages seront rétablis, en se conformant aux règlements sur la matière.

Art. 7. Il est également défendu de dégrader ni déplacer les tentures et boites des réverbères de l'illumination publique, ni rien entreprendre qui puisse empêcher ou gêner le service de l'allumage.

Si l'établissement des saillies nécessitait le déplacement desdites tentures ou boîtes, ce déplacement ne pourra être fait que par l'entrepreneur général de l'illumination et d'après l'autorisation du préfet de police.

Art. 8. Toute saillie, qui ne reposerait pas sur le sol, sera fixée et retenue de manière à prévenir toute espèce d'accident.

Art. 9. Il sera procédé à la vérification et au récollement des saillies par les commis-

saires de police des quartiers respectifs, ou par l'architecte commissaire, et les architectes inspecteurs de la petite voirie, qui dresseront, à ce sujet, des procès-verbaux ou rapports qu'ils nous transmettront.

SECTION III. — *Saillies établies*

Art. 10. Toute saillie établie en vertu d'autorisation ne pourra être renouvelée ni réparée sans la permission du préfet de police, en ce que concerne la petite voirie.

Les permissions seront délivrées, ainsi qu'il est dit à l'article 3 de la présente ordonnance, et à la charge de se conformer aux dispositions des articles 4 5, 6, 7 et 8 ; ce qui sera constaté de la manière prescrite en l'article 9.

Art. 11. Les propriétaires seront tenus de faire enlever toutes les saillies actuellement existantes qui masquent les inscriptions des rues et les numéros des maisons.

Le remplacement de ces saillies sur d'autres points ne pourra avoir lieu sans une autorisation de la préfecture de police.

Art. 12. Toute saillie, actuellement existante et non autorisée, sera supprimée, si mieux n'aiment les propriétaires ou locataires se pourvoir de la permission nécessaire pour la conserver.

Les permissions ne seront accordées que suivant les formalités, et aux mêmes charges et conditions que celles indiquées en la deuxième section de la présente ordonnance.

Art. 13. Il est défendu de repeindre, ni faire repeindre aucune saillie, sans déclaration préalable au commissaire de police du quartier, A défaut de déclaration, les saillies repeintes seront considérées comme saillies nouvelles, s'il n'y a preuve contraire, et, comme telles, sujettes au droit.

SECTION IV. — *Dispositions particulières concernant certaines saillies*

Perches.

Art. 14. Les perches dont l'établissement sera autorisé seront supprimées sans délai, dans le cas où les impétrants changeraient de domicile ou renonceraient à la profession qui exigeaient l'usage de cette saillie.

Il est défendu de déposer sur les perches des linges, étoffes et autres matières tellement mouillées que les eaux puissent tomber dans la rue.

Lanternes ou transparents.

Art. 15. A l'avenir, les lanternes ou transparents ne pourront être suspendus à des potences au moyen de cordes et poulies. Ils seront accrochés aux potences par des anneaux et crochets en fer, ou supportés par des tringles en fer contenues dans des coulisses et arrêtées avec serrure ou cadenas.

Les transparents actuellement munis de cordes et poulies seront établis conformément aux dispositions ci-dessus, lorsqu'ils seront renouvelés.

Art. 16. Les transparents ne seront mis en place que le soir, et seront retirés aux heures où ils cessent d'éclairer.

Art. 17. Il est défendu de suspendre, pendant le jour, aux cordes des transparents, des pierres, plombs ou autres matières pouvant, par leur chute, blesser les passants.

Bannes.

Art. 18. Les bannes ne seront mises en place qu'au moment où le soleil donnera sur les boutiques qu'elles sont destinées à abriter. Elles seront ôtées aussitôt que les boutiques ne seront plus exposées aux rayons du soleil.

Néanmoins les bannes placées au-devant des boutiques sur les quais, places et boulevards intérieurs, pourront être conservées dans le cours de la journée, s'il est reconnu qu'elles ne gênent point la circulation.

Étalages.

Art. 19. Les crochets, tringles, planches et toute saillie servant aux étalages de viandes, formés par les marchands bouchers, charcutiers et tripiers, seront enlevés dans le délai d'un mois à compter de la date de la présente ordonnance.

Art. 20. Les étalages formés de tonneaux, caisses, tables, bancs, châssis, étagères, meubles, et autres objets journellement déposés sur le sol de la voie publique au-devant des boutiques, sont expressément interdits.

Décrottoirs.

Art. 21. Il est défendu d'établir en saillie, sur la voie publique, des décrottoirs au-devant des maisons et boutiques.

Ceux actuellement existants seront supprimés dans le délai de huit jours.

Section V. — *Dispositions générales*

Art. 22. Le pavé de la voie publique, dégradé ou dérangé à l'occasion des établissements, réparations, changements ou suppressions de saillies, sera rétabli aux frais des propriétaires, locataires ou entrepreneurs par l'un des entrepreneurs du pavé de Paris, et non par d'autres, sous la direction de l'ingénieur en chef chargé de cette partie.

Art. 23. Les permissions de petite voirie seront délivrées sans que les impétrants puissent en induire aucun droit de concession de propriété, ni de servitude sur la voie publique, mais à la charge au contraire de supprimer ou réduire les saillies au premier ordre de l'autorité, sans pouvoir prétendre aucune indemnité, ni la restitution des sommes payées pour droit de petite voirie.

Art. 24. Les saillies autorisées devront être établies dans l'année à compter de la date des permissions. Dans le cas contraire, les permissions seront périmées et annulées, et l'on sera tenu d'en prendre de nouvelles.

Art. 25. Les contraventions aux dispositions de la présente ordonnance seront constatées par des procès-verbaux ou rapports qui nous seront transmis, pour être pris telle mesure qu'il appartiendra.

Art. 26. Les propriétaires, locataires et entrepreneurs sont responsables, chacun en ce qui le concerne, des contraventions au présent règlement.

Art. 27. Les ordonnances de police contenant des dispositions relatives aux saillies sous les galeries du Palais-Royal et des rues Castiglione et Rivoli, sous les piliers des Halles et dans tous les passages ouverts au public sur des propriétés particulières, continueront d'être observées.

INSTRUCTION DU PRÉFET DE POLICE CONCERNANT LES ÉTABLISSEMENTS, RÉPARATIONS ET SUPPRESSION DES SAILLIES

Du 18 juin 1824.

Messieurs, l'autorité de la police réclamait depuis longtemps l'intervention de l'autorité supérieure, pour faire cesser, par une mesure générale, le désordre qui s'est introduit dans l'établissement des saillies.

e roi, prenant en considération les motifs d'intérêt public exposés à l'appui de la réclamation, a rendu, le 24 décembre dernier, une ordonnance dont je vous transmets des exemplaires. Elle est suivie d'une ordonnance de police contenant les dispositions qui m'ont paru nécessaires pour l'exécution de ce nouveau règlement.

On est dans l'usage d'établir, réparer et renouveler les saillies, sans attendre la délivrance des permissions; souvent même on ne les demande pas.

C'est un abus qu'il importe de réprimer sur-le-champ dans l'intérêt du bon ordre,

d'une part, pour que les particuliers puissent connaître et observer les conditions imposées, et d'une autre, dans celui de la Ville, pour assurer la perception des droits de petite voirie. Vous y parviendrez, en arrêtant les travaux et en dressant des procès-verbaux de contravention.

Mais il ne suffit pas d'empêcher que l'on établisse des saillies sans être muni de permission; il faut s'assurer que les conditions imposées par les permissions sont fidèlement remplies, en procédant au récollement et à la vérification des ouvrages.

Je ne puis trop vous recommander d'apporter le plus grand soin à cette opération, et de me transmettre exactement les procès-verbaux que vous devrez en dresser. Vous sentirez que, sans cela, il serait impossible de poursuivre et de réprimer les abus, et que l'ordonnance du roi deviendrait illusoire.

S'il se présentait des circonstances où les vérifications vous parussent exiger le secours d'un homme de l'art, vous voudrez bien m'en informer; je donnerai des ordres en conséquence aux architectes de mon administration.

Il est défendu par l'art. 13 de l'ordonnance de police de repeindre les saillies, sans en avoir fait la déclaration aux commissaires de police des quartiers respectifs. Le but de cette disposition étant d'empêcher que l'on ne cache, au moyen de la peinture, des réparations faites sans permission, il sera nécessaire, qu'après avoir reçu les déclarations, vous reconnaissiez immédiatement l'état des objets que l'on se propose de repeindre.

Après vous avoir donné des instructions générales au sujet de la surveillance et des soins qu'exigent l'établissement et la réparation de toutes les saillies, j'appellerai votre attention sur plusieurs saillies qui, pour divers motifs, ont été l'objet de dispositions spéciales.

Ces saillies sont les décrottoirs, les étalages de viandes, les bannes, les perches, les échoppes et les tuyaux de poêle et de cheminée.

Décrottoirs.

Les décrottoirs sont fort dangereux : ils n'ont jamais été autorisés et ils ne peuvent l'être. Aussi l'ordonnance de police, art. 13, en prescrit-elle la suppression, dans le délai de huit jours.

Vous vérifierez, à l'expiration de ce délai, si l'on a satisfait à cette disposition. Dans le cas où vous trouverez des particuliers qui n'auraient pas obéi, vous les sommerez de le faire dans un délai de trois jours, et vous aurez soin de m'adresser les procès-verbaux de non-exécution avec les originaux des sommations.

Les étalages de viandes sont formellement interdits par le quatrième paragraphe de l'art. 14 de l'ordonnance royale, et la suppression en est prescrite dans le délai d'un mois par l'art. 19 de l'ordonnance de police.

Vous suivrez à l'égard des particuliers qui, au mépris des dispositions ci-dessus, conserveraient leurs étalages et les objets qui y sont relatifs, la marche ci-dessus indiquée contre ceux qui n'auraient pas supprimé les décrottoirs.

Bannes.

Il existe un très-grand nombre de bannes, les unes établies sans permission, les autres en vertu de permission, mais presque toutes sans les précautions convenables ; ce qui les rend incommodes et dangereuses.

Celles qui ne sont point autorisées, devant être supprimées sur-le-champ, vous voudrez bien en faire la recherche, et sommer ceux qui ne pourraient point vous justifier d'autorisation de les supprimer ou de se pourvoir de permission.

Quant à celles autorisées, bien qu'elles puissent ne pas être entièrement établies suivant les dispositions de l'art. 17 de l'ordonnance royale, vous les laisserez exister dans leur état actuel, jusqu'à la fin de l'année, à moins qu'elles ne présentent des inconvénients graves pour la liberté et la sûreté de la circulation ; car alors vous devrez sommer de les supprimer ou de les établir de manière à faire cesser les inconvénients.

Dans le cas où, pour les unes et les autres, on n'aurait point déféré aux sommations

vous le constaterez par des procès-verbaux que vous me transmettrez avec les originaux des sommations.

Perches.

L'établissement des perches pouvait être autorisé, aux termes du décret du 27 octobre 1818 ; cependant il n'a été délivré de permission pour aucune. L'autorité de la police les a seulement tolérées, en attendant que l'autorité supérieure prît des mesures, soit pour proscrire entièrement cette espèce de saillie, soit pour restreindre la faculté d'en faire usage.

L'ordonnance royale ayant déterminé par l'art. 18 à quelles conditions les perches pouvaient être permises, il est d'autant plus important de faire jouir le public des avantages de cette disposition, que les perches, indépendamment du hideux spectacle qu'elles présentent par les objets qui y sont suspendus, compromettent la sûreté de la circulation.

Je vous invite en conséquence, et conformément à l'art. 12 de l'ordonnance de police, à faire sommation à ceux qui ont des perches ou des cerceaux de les supprimer dans le délai d'un mois.

Vous voudrez bien me faire parvenir, avec les originaux des sommations, les procès-verbaux constatant que l'on n'a point satisfait.

Gouttières.

Il est enjoint, par l'art. 23 de l'ordonnance royale, de supprimer, dans le délai d'une année, les gouttières en saillie sur la voie publique.

Ce délai n'étant pas très-long pour procéder à l'exécution d'une mesure qui exige l'emploi d'une classe d'ouvriers dont le nombre n'est pas considérable, je n'ai rien à vous prescrire afin de presser cette exécution.

Je me bornerai à vous demander l'état des monuments et édifices publics qui ont des gouttières, afin que je puisse en requérir la suppression des administrations de qui dépendent ces constructions.

Échoppes.

Il existe peu d'échoppes établies en vertu d'une permission de petite voirie, conformément au décret du 27 octobre 1808. La plupart ont été construites, soit par tolérance de l'autorité, soit sans aucune espèce d'autorisation, ou en abusant de permissions délivrées pour étalages mobiles.

Avant de rétablir l'ordre en cette partie, je vous prie de vérifier dans vos quartiers respectifs quelles sont les échoppes existantes, de vous informer par qui elles sont occupées, à qui elles appartiennent, si on en paye un loyer, quel en est le prix et à qui on le paye. Vous dresserez un état contenant, outre ces renseignements, les demeures des propriétaires et locataires de ces échoppes.

Cuvettes.

Je n'ai autre chose à vous recommander pour l'établissement des cuvettes, que de veiller à ce que, conformément à l'art. 20 de l'ordonnance royale, il n'en soit point établi dans les constructions nouvelles, et à ce que celles existantes ne soient point réparées sans permission.

Tuyaux de poêles et cheminées.

Les tuyaux de poêles et cheminées en saillie, étant défendus à l'avenir pour les maisons de constructions nouvelles, vous veillerez, ainsi que pour les cuvettes, à ce que l'on se conforme à la disposition du premier paragraphe de l'art. 15 de l'ordonnance royale.

Quant à ceux actuellement existants, si l'on ne peut vous représenter les permissions en vertu desquelles ils ont été établis, vous ferez sommation de les supprimer dans le délai de trois mois, si mieux on n'aime se pourvoir de l'autorisation nécessaire pour les conserver, et vous en justifier.

A l'expiration de ce délai, vous me transmettrez, avec les originaux des sommations, les procès-verbaux de non-exécution.

Je vous ai fait connaître, messieurs, les objets qui méritaient particulièrement votre attention, et je vous ai indiqué la marche que vous aviez à tenir, afin d'assurer l'exécution de l'ordonnance royale. Le désordre auquel il s'agit de remédier est grand, et, pour le faire cesser, il faut beaucoup de zèle et de persévérance. Je vous invite en conséquence à redoubler d'efforts, et à ne négliger aucun moyen qui puisse contribuer au succès d'une mesure aussi utile.

Recevez, etc.

ORDONNANCE DE POLICE POUR LA SURETÉ ET LA LIBERTÉ DE LA CIRCULATION SUR LA VOIE PUBLIQUE

Du 8 août 1829.

Nous, préfet de police,

Considérant qu'un grand nombre d'individus compromettent journellement la liberté et la sûreté de la circulation, en travaillant indûment et sans précaution sur la voie publique ; en y faisant charger, décharger et stationner des voitures, lorsque l'intérieur des maisons, ateliers et magasins présente des facilités à cet effet ; en y déposant ou laissant, sans nécessité, des matériaux, meubles, marchandises et autres objets ; en exposant au-devant des édifices des choses pouvant nuire par leur chute ; en contrevenant enfin aux règlements qui défendent d'embarrasser la voie publique ;

Considérant que depuis plusieurs années la circulation a pris une activité toujours croissante, et qu'il est urgent de réprimer des abus qui occasionneraient les plus graves accidents ;

Vu les ordonnances du bureau des finances des 29 mai 1754 et 2 août 1774 ;

L'ordonnance du prévôt des marchands du 8 avril 1766 ;

L'ordonnance de police du 28 janvier 1786 ;

La loi des 16-24 août 1790 ;

L'arrêté du ministre de l'intérieur du 6 septembre 1806, concernant la police des Champs-Élysées ;

L'ordonnance du roi du 24 décembre 1823 ;

Les articles 257, 471 et 484 du Code pénal ;

En vertu des arrêtés du gouvernement du 12 messidor an VIII (1er juillet 1800) et 3 brumaire an IX (25 octobre 1800) ;

Ordonnons ce qui suit :

CHAPITRE PREMIER

Constructions, réparations et démolition des bâtiments riverains de la voie publique. — Dépôts de matériaux

SECTION PREMIÈRE. — *Constructions et réparations*

Art. 1er. Il est défendu de procéder à aucune construction ou réparation des murs de face ou de clôture des bâtiments et terrains riverains de la voie publique, sans avoir justifié au commissaire de police du quartier où se feront les travaux, de la permission qui aura dû être délivrée à cet effet par l'autorité compétente.

Art. 2. Dans le cas de construction ou de réparation, on ne devra commencer les travaux qu'après avoir établi, à la saillie déterminée par la permission, une barrière en charpente et planches ayant au moins trois mètres de hauteur.

Dans le cas de simple réparation, on pourra en être dispensé, s'il y a lieu, par le préfet de police.

Art. 3. Les portes pratiquées dans les barrières devront, autant qu'il sera possible, ouvrir en dedans. Si l'on est forcé de les faire ouvrir en dehors, on sera tenu de les appliquer contre les barrières.

Elles seront garnies de serrures ou cadenas pour être fermées, chaque jour, au moment de la cessation des travaux.

Art. 4. Les échafauds servant aux constructions seront établis avec solidité et disposés de manière à prévenir la chute des matériaux ou gravois sur la voie publique.

Ils devront monter de fond, et, si les localités ne le permettent pas, ils seront établis en bascule à 4 mètres au moins du sol de la rue.

Il est défendu de les faire porter sur des écoperches ou boulins arc-boutés au pied des murs de face dans la hauteur du rez-de-chaussée.

Art. 5. Les barrières et les échafauds montant de fond, au-devant desquels il n'existera pas de barrières, seront éclairés aux frais et par les soins des propriétaires et des entrepreneurs.

L'éclairage sera fait au moyen d'un nombre suffisant d'appliques, dont une à chaque angle des extrémités, pour éclairer les parties en retour.

Les heures d'allumage et d'extinction de ces appliques seront celles prescrites pour les réverbères permanents de l'illumination publique.

Art. 6. Les travaux seront entrepris immédiatement après l'établissement des échafauds et barrières et devront être continués sans interruption, à l'exception des dimanches et jours fériés.

Dans le cas où l'interruption durerait plus de huit jours, les propriétaires et entrepreneurs seront tenus de supprimer les échafauds, et de reporter les barrières à l'alignement des maisons voisines, ou de se pourvoir d'une autorisation du préfet de police, pour les conserver.

Art. 7. Il est défendu aux entrepreneurs, maçons, couvreurs, fumistes et autres, de jeter sur la voie publique les recoupes, plâtras, tuiles, ardoises et autres résidus des ouvrages.

Art. 8. Tous entrepreneurs, maçons, couvreurs, fumistes, badigeonneurs, plombiers, menuisiers et autres exécutant ou faisant exécuter aux maisons et bâtiments riverains de la voie publique, des ouvrages pouvant faire craindre des accidents ou susceptibles d'incommoder les passants, sont tenus, s'il n'y a point de barrières au-devant des maisons et bâtiments, de faire stationner dans la rue, pendant l'exécution des travaux, un ou deux ouvriers âgés de dix-huit ans au moins, munis d'une règle de 2 mètres de longueur, pour avertir les passants.

Art. 9. Dans les quarante-huit heures qui suivront la suppression des échafauds et barrières, les propriétaires et entrepreneurs feront réparer à leurs frais les dégradations du pavé résultant de la pose des barrières et échafauds, et seront tenus provisoirement de faire et entretenir les blocages et de prendre les mesures convenables pour prévenir les accidents.

Ils requerront l'entrepreneur du pavé de la ville, pour procéder auxdites réparations, lorsque le pavé sera d'échantillon et à l'entretien de la ville.

Art. 10. Il est défendu de battre du plâtre sur la voie publique et de l'y faire pulvériser par les chevaux et voitures.

SECTION II. — *Démolition*

Art. 11. Il est défendu de procéder à la démolition d'aucun édifice donnant sur la voie publique, sans l'autorisation du préfet de police.

Art. 12. Avant de commencer une démolition le propriétaire et l'entrepreneur feront établir les barrières et échafauds qui seront jugés nécessaires, et prendront toutes autres mesures que l'administration leur prescrira dans l'intérêt de la sûreté publique.

Il sera pourvu, pendant la nuit, à l'éclairage des échafauds et barrières, ainsi qu'il est dit à l'article 5.

Art. 13. La démolition devra s'opérer au marteau, sans abatage, et en faisant tomber les matériaux dans l'intérieur des bâtiments.

Art. 14. Dans le cas où le barrage de la rue serait indispensable, le propriétaire et l'entrepreneur ne devront point l'effectuer sans l'autorisation du préfet de police.

Les commissaires de police pourront toutefois, s'il y a urgence, accorder provisoirement les autorisations, à la charge d'en prévenir immédiatement le préfet de police.

Art. 15. Les matériaux de toute espèce provenant de la démolition ne seront déposés sur la voie publique qu'au fur et à mesure de leur enlèvement, et ne devront, sous aucun prétexte, y rester en dépôt pendant la nuit.

Art. 16. Les barrières établies au-devant des démolitions seront supprimées dans les vingt-quatre heures qui suivront l'achèvement des travaux.

Les remblais et nivellements seront faits, dans le même délai, à la charge par les propriétaires et entrepreneurs de prendre les mesures de précaution prescrites par l'art. 9.

section iii. — *Dépôts de matériaux*

Art. 17. Il est défendu de former sur la voie publique des chantiers ou ateliers pour l'approvisionnement et la taille des matériaux.

Les chefs des administrations publiques, propriétaires, ingénieurs, architectes, entrepreneurs et tous autres construisant ou faisant construire, devront former leurs chantiers et ateliers dans des terrains particuliers dont ils seront tenus de se pourvoir.

Il pourra toutefois être accordé des autorisations pour déposer sur la voie publique des matériaux destinés à des constructions d'aqueducs, égouts, trottoirs et autres établissements à faire sur le sol même de la voie publique.

Art. 18. Les matériaux transportés sur le lieu des constructions seront rentrés dans l'intérieur des emplacements où l'on construit, au fur et à mesure du déchargement, sans qu'on puisse en laisser en dépôt sur la voie publique pendant la nuit.

Art. 19. Cependant, si par suite de circonstances imprévues, des matériaux devaient rester, pendant la nuit, sur la voie publique, les propriétaires et entrepreneurs seront tenus d'en donner avis aux commissaires de police des quartiers respectifs, de pourvoir à l'éclairage des matériaux, et de prendre toutes les mesures de précaution nécessaires.

Art. 20. Il est défendu à tous carriers, voituriers et autres, de décharger ni faire décharger sur la voie publique, après la retraite des ouvriers, aucune voiture de pierres de taille ou moellons.

Art. 21. Tous chantiers et ateliers actuellement existants sur la voie publique, en vertu de nos autorisations, seront supprimés à l'expiration des délais fixés par les permissions, et même plus tôt s'il est possible.

Ceux pour la durée desquels il n'a point été fixé d'autre terme que l'achèvement des constructions auxquelles ils sont destinés seront supprimés immédiatement après l'emploi des matériaux qui y sont déposés.

Les uns et les autres ne pourront toutefois être conservés au delà du 1er octobre prochain. A cet effet il est défendu d'y faire déposer de nouveaux matériaux.

Art. 22. Tous chantiers et ateliers formés sur la voie publique sans autorisation seront supprimés dans les vingt-quatre heures.

Art. 23. Il est enjoint à tous ceux dont les chantiers et ateliers seront supprimés, en exécution des articles précédents, de faire enlever avec les matériaux les recoupes, gravois et immondices résultant des dépôts, et de faire réparer les dégradations de pavés existant sur les emplacements de ces mêmes dépôts. Si les emplacements ne sont point pavés, les enfoncements seront réparés et le sol rétabli en bon état.

Art. 24. Il est défendu de scier ni tailler la pierre sur la voie publique.

La même défense est faite aux scieurs de long, pour le sciage du bois.

CHAPITRE II

Entretien : 1° Du pavé de Paris ; 2° Du pavé à la charge des particuliers. — Rues non pavées

SECTION PREMIÈRE. — *Pavé de Paris*

ART. 25. Les entrepreneurs du pavé de Paris seront tenus de prévenir, au moins vingt-quatre heures d'avance, les commissaires de police des quartiers respectifs, du jour où ils commenceront des travaux de relevé à bout dans une rue.

ART. 26. Ils ne pourront former leurs approvisionnements de matériaux, que le jour même où les ouvrages commenceront.

Les pavés seront rangés et le sable retroussé, de manière à occuper le moins de place possible.

ART. 27. Ils seront tenus de faire éclairer pendant la nuit, par quelques appliques, leurs matériaux et leurs chantiers de travail, de veiller à l'entretien de l'éclairage et de prendre les précautions nécessaires dans l'intérêt de la sûreté publique.

ART. 28. Il leur est défendu de barrer les rues et portions de rues autres que celles dont le pavé sera relevé à bout et dont la largeur n'excédera pas dix mètres.

Toutefois, si des circonstances nécessitaient le barrage des rues ou portions de rues ayant plus de dix mètres de largeur, l'autorisation de les barrer pourra leur être accordée, sur la demande que l'ingénieur en chef du pavé de Paris en fera au préfet de police.

ART. 29. Lorsqu'il sera fait un relevé à bout dans les halles et marchés, aux abords des salles de spectacles ou d'autres lieux très-fréquentés désignés dans l'état qui en sera dressé annuellement par l'ingénienr en chef du pavé de Paris, et approuvé par le préfet de police, il ne devra être entrepris que la quantité d'ouvrage qui pourra être terminée dans la journée. Dans le cas où il aurait été levé plus de pavé qu'il n'en était besoin, il sera bloqué, en sorte que la voie publique se trouve entièrement libre et sûre avant la retraite des ouvriers.

Cette mesure s'étendra à tous les relevés à bout sans distinction, la veille des dimanches et jours fériés.

ART. 30. Les entrepreneurs réserveront, dans les rues ou portions de rues barrées, un espace suffisant pour la circulation des gens de pied. Ils établiront au besoin, des planches solides et commodes pour la facilité du passage.

Ils prendront en outre des mesures convenables, pour interdire aux voitures du public tout accès dans les rues ou portions de rues barrées. Ils placeront, à cet effet, des chevalets mobiles, qui, en servant d'avertissement au public, laisseront la facilité de faire sortir et entrer les voitures de personnes demeurant dans l'enceinte du barrage.

Les mêmes précautions seront prises pour les rues latérales aboutissant aux rues barrées.

Il est défendu aux entrepreneurs de substituer des tas de pavés aux chevalets mobiles.

ART. 31. Dans les rues qui ne seront point barrées, les entrepreneurs disposeront leurs ateliers de telle sorte qu'ils soient séparés les uns des autres par un intervalle de quinze mètres au moins, et que chaque atelier ne travaille que sur moitié de la largeur de la rue, afin de laisser l'autre moitié à la circulation des voitures.

ART. 32. Les chantiers des travaux seront complétement débarrassés de tous matériaux, décombres, pavés de réforme, retailles, vieilles formes et autres résidus des ouvrages, dans les vingt-quatre heures qui suivront l'achèvement des travaux, pour les relevés à bout et pavages neufs, et au fur et à mesure de l'exécution des ouvrages pour les réparations simples et raccordements.

ART. 33. Il est expressément défendu de troubler les paveurs dans leurs ateliers et de déplacer ou arracher les appliques, chevalets, pieux et barrières établis pour la sûreté de leurs ouvrages.

SECTION II. — *Pavé à la charge des particuliers*

Art. 34. Il est enjoint aux propriétaires des maisons et terrains bordant les rues, ou portions de rues pavées et dont l'entretien est à leur charge, de faire réparer, chacun au devant de sa propriété, les dégradations de pavé, et d'entretenir constamment en bon état le pavé desdites rues.

Art. 35. Ces propriétaires et leurs entrepreneurs seront tenus, pour les approvisionnements de matériaux destinés aux réparations, pour l'exécution des ouvrages et l'enlèvement résidus, de se conformer aux dispositions prescrites en la section précédente aux entrepreneurs du pavé de Paris.

Art. 36. Il leur est défendu de barrer ni faire barrer les rues pour l'exécution des travaux, sans y être autorisés par le préfet de police.

SECTION III. — *Rues et portions de rues non pavées*

Art. 37. Il est enjoint à tous propriétaires de maisons et terrains situés le long des rues ou portions de rues non pavées, de faire combler, chacun au droit de soi, les excavations, enfoncements et ornières, enlever les dépôts de fumier, gravois, ordures et immondices, et de faire, en un mot, toutes les dispositions convenables pour que la liberté, la sûreté de la circulation et la salubrité ne soient point compromises.

Ils sont tenus d'entretenir constamment en bon état le sol desdites rues, et de conserver ou rétablir les pentes nécessaires pour procurer aux eaux un écoulement facile.

Les rues non pavées qui deviendront impraticables pour les voitures seront barrées de manière que tous accidents soient prévenus.

CHAPITRE III

Trottoirs

SECTION PREMIÈRE. — *Construction des trottoirs*

Art. 38. On ne pourra construire aucun trottoir, sur la voie publique, sans en avoir obtenu la permission de l'autorité compétente.

Art. 39. Les entrepreneurs chargés de ces constructions seront tenus de prévenir, au moins vingt-quatre heures d'avance, les commissaires de police des quartiers respectifs, du jour où ils commenceront les travaux, et de leur représenter les autorisations dont ils auront dû se pourvoir.

Art. 40. La construction de deux trottoirs sur les deux côtés d'une rue ne pourra être simultanément entreprise, à moins que les ateliers ne soient séparés par un intervalle d'au moins cinquante mètres.

Art. 41. Avant de commencer les travaux les entrepreneurs feront établir une barrière à chaque extrémité des ateliers, afin d'en interdire l'accès au public.

Art. 42. Les matériaux destinés aux constructions seront apportés au fur et à mesure des besoins, et seront rangés sur les emplacements destinés aux trottoirs, sans que la largeur en soit excédée.

Art. 43. Les pavés arrachés, qui ne devront pas servir aux raccordements, seront enlevés et transportés dans le jour, hors de la voie publique, à la diligence des entrepreneurs de la construction des trottoirs.

Art. 44. Il sera pris les mesures nécessaires pour que les eaux ménagères s'écoulent sous les trottoirs, au moyen de gargouilles pratiquées à cet effet.

Art. 45. Lorsqu'un trottoir sera coupé par un passage de porte cochère, ou qu'il ne sera point prolongé au-devant des maisons voisines, il sera établi des pentes douces aux points d'interruption pour rendre moins sensible la différence entre le sol du trottoir et celui de la rue.

Art. 46. Les propriétaires et entrepreneurs feront éclairer, à leurs frais, les ateliers pendant la nuit, en se conformant aux conditions prescrites par l'art. 5.

Art. 47. Aussitôt que la construction d'un trottoir sera terminée, il sera procédé immédiatement au raccordement du pavé par l'entrepreneur du pavé de Paris, sur l'avertissement qui lui en sera donné, à l'avance, par l'entrepreneur du trottoir.

Art. 48. Les barrières, matériaux, terres, gravois et autres résidus des ouvrages seront immédiatement enlevés aux frais et par les soins du propriétaire ou de l'entrepreneur du trottoir.

Il est défendu de livrer le trottoir à la circulation avant d'avoir pourvu au recouvrement des gargouilles, et d'avoir pris les mesures convenables pour la sûreté et la commodité du passage.

SECTION II. — *Entretien des trottoirs*

Art. 49. Les dégradations des trottoirs seront réparées aux frais de qui de droit, à la diligence de l'ingénieur en chef du pavé de Paris, dans les vingt-quatre heures de la réquisition qui lui en aura été adressée par le préfet de police.

Art. 50. Les entrepreneurs qui procéderont aux réparations seront tenus, lorsque les ouvrages pourront être faits dans la journée où ils auront été entrepris, de prévenir les commissaires de police des quartiers respectifs, pour les mettre à portée de prescrire les mesures nécessaires, relativement au dépôt des matériaux, à l'éclairage pendant la nuit, et à toutes autres précautions que pourra réclamer la sûreté publique.

Art. 51. Les propriétaires, principaux locataires et locataires feront balayer, nettoyer et laver les trottoirs au-devant de leurs maisons, au moins une fois par jour, aux heures fixées par le règlement concernant le balayage des rues.

SECTION III. — *Saillies au-devant des maisons bordées de trottoirs*

Art. 52. Quiconque fera construire un trottoir au-devant de sa propriété sera tenu de faire supprimer, au moment même de la construction, les bornes, pas, marches et bancs en saillie sur le trottoir, et de faire réduire les seuils des devantures de boutiques à l'alignement desdites devantures.

Il sera permis toutefois, par mesure de tolérance, de conserver les marches que l'administration reconnaîtra ne pouvoir être rentrées dans l'intérieur de la propriété, mais à la charge d'en arrondir les extrémités, ou de les tailler en pans coupés.

Art. 53. Les propriétaires qui ont fait construire des trottoirs, sans avoir pris les mesures prescrites par l'article précédent, seront tenus de s'y conformer dans le délai d'un mois.

Art. 54. Il leur est également enjoint, dans le cas où les eaux ménagères de leurs maisons s'écouleraient sur le sol de ces trottoirs, de faire cesser cet inconvénient, dans le même délai, en se conformant aux dispositions de l'art. 44.

Art. 55. Les hauteurs fixées par l'ordonnance royale du 24 décembre 1823, pour les bannes, stores, écussons, enseignes, lanternes et autres saillies, seront mesurées à partir du sol des trottoirs.

CHAPITRE IV

Fouilles et tranchées sur la voie publique. — Entretien des conduites des eaux de la Ville, et des conduites d'eau et de gaz appartenant aux particuliers

SECTION PREMIÈRE. — *Fouilles et tranchées*

Art. 56. Il est défendu à qui que ce soit de faire aucune fouille ni tranchée dans le sol de la voie publique, sans une autorisation spéciale du préfet de police.

SECTION II. — *Entretien des conduites des eaux de la Ville, et de celles appartenant à des particuliers*

ART. 57. Les entrepreneurs chargés de l'entretien des conduites des eaux de la ville, les propriétaires des conduites particulières d'eau et de gaz, et leurs entrepreneurs, seront tenus, dans le cas de rupture des conduites, et chacun pour ce qui le concerne, de mettre des ouvriers en nombre suffisant, pour que les réparations en soient effectuées dans les vingt-quatre heures des avertissements qu'ils auront reçus des commissaires de police, agents d'administration et même de tous particuliers.

Ils seront tenus provisoirement d'arrêter et faire arrêter sur-le-champ le service desdites conduites, et de pourvoir à la sûreté de la voie publique, soit en comblant les excavations, soit en les entourant de barrières, et les éclairant pendant la nuit, et en y posant, au besoin, des gardes.

ART. 58. Ils ne seront point astreints à se munir d'une permission du préfet de police, conformément à l'article 56, lorsque les travaux, ayant pour objet des établissements, renouvellements ou réparations de conduites, pourront être terminés dans les quarante-huit heures, et qu'il n'y aura pas lieu au barrage des rues. Mais ils devront donner avis aux commissaires de police, du commencement de ces travaux.

ART. 59. Ils feront les dispositions convenables pour que moitié au moins de la largeur des rues où ils travailleront soit réservée à la circulation, et qu'il ne puisse y arriver d'accident.

ART. 60. Les fouilles et tranchées seront remblayées, autant que faire se pourra, au fur et à mesure de l'exécution des ouvrages.

ART. 61. Les terres de remblais seront pilonnées avec soin, pour prévenir les affaissements, et le pavé sera bloqué de telle sorte qu'il se maintienne partout à la hauteur du pavé environnant.

Les terres et gravois qui ne pourront être employés dans les remblais seront enlevés immédiatement après le blocage du pavé.

ART. 62. Les propriétaires et entrepreneurs feront raccorder le pavé dans les quarante-huit heures qui suivront la réparation des conduites, en se conformant aux dispositions de l'article 9.

Ils seront tenus néanmoins d'entretenir les blocages en bon état et de pourvoir à la sûreté publique, jusqu'à ce que les raccordements aient été effectués.

CHAPITRE V

Chargement et déchargement des voitures de marchandises et denrées. — Déchargement et sciage du bois de chauffage. — Dépôts de meubles, marchandises. — Travaux et jeux sur la voie publique.

SECTION PREMIÈRE. — *Chargement et déchargement des voitures de marchandises, denrées, etc.*

ART. 63. Tous entrepreneurs, négociants, marchands et autres, qui auront à recevoir ou à expédier des marchandises, meubles, denrées ou autres objets, feront entrer les voitures de transport dans les cours ou sous les passages de portes cochères des maisons qu'ils habitent, magasins ou ateliers, à l'effet d'y opérer le chargement ou le déchargement desdites voitures.

ART, 64. A défaut de cours ou de passages de portes cochères, ou bien si les cours et passages de portes cochères ne présentent point les facilités convenables, on pourra effectuer le chargement et le déchargement sur la voie publique, en y mettant la célérité nécessaire. Dans ce cas, les voitures devront être rangées de manière à ne gêner la circulation que le moins possible.

Art. 65. Les exceptions mentionnées au précédent article ne s'étendent point aux entrepreneurs de diligences, de messageries, de roulage, aux entrepreneurs de charpente, aux marchands de bois, aux marchands en gros, ni à tous autres particuliers tenant de grandes fabriques, de grands ateliers ou faisant un commerce qui nécessite de grands magasins. Ils seront tenus, en raison de l'importance de leurs établissements, de se pourvoir de locaux assez spacieux pour opérer et faire opérer hors de la voie publique les chargements et déchargements de leurs voitures et de celles qui leur sont destinées.

SECTION II. — *Déchargement et sciage du bois de chauffage*

Art. 66. Le bois destiné au chauffage des habitations ne sera déchargé sur la voie publique que dans la circonstance prévue par l'article 64.

Art. 67. Lorsque dans les rues de sept mètres de largeur et au-dessus, le déchargement du bois pourra se faire sur la voie publique conformément à l'article 64, il y sera procédé de manière à ne point interrompre le passage des voitures.

Dans les rues au-dessous de sept mètres de largeur, il sera toujours réservé un passage libre pour les gens de pied.

Il est défendu de décharger simultanément deux voitures de bois destinées à des habitations situées l'une en face de l'autre. Celle arrivée la dernière sera rangée à la suite de la première, et attendra que celle-ci soit déchargée et le bois rentré.

Art. 68. Il est défendu de scier ni faire scier du bois sur la voie publique.

Cependant, lorsque l'on ne fera venir qu'une voie de bois à la fois, le sciage sera toléré. Dans ce cas, les scieurs se placeront le plus près possible des maisons, afin de ne point accroître les embarras de la voie publique.

Le bois sera rentré au fur et à mesure du sciage.

Art. 69. Il est expressément défendu de décharger ni scier du bois sur les trottoirs.

On ne pourra en fendre ni sur les trottoirs ni sur aucune autre partie de la voie publique.

SECTION III. — *Dépôt de meubles, marchandises, voitures, etc.*

Art. 70. Il est défendu de déposer sans nécessité et de laisser sans autorisation sur la voie publique des meubles, caisses, tonneaux et autres objets.

Art. 71. Les voitures de toute espèce, suspendues et non suspendues, chariots, charrettes, haquets, etc., devront être remisées, pendant la nuit, dans des emplacements hors de la voie publique.

Sont exceptées les voitures des porteurs d'eau qui, pour raison de sûreté publique, continueront à être remisées dans des emplacements désignés par les commissaires de police, sous la condition expresse, pour ceux auxquels elles appartiennent, de tenir les tonneaux pleins d'eau.

Art. 72. Les voitures, meubles, marchandises et tous autres objets laissés pendant la nuit sur la voie publique par impossibilité notoire de les rentrer dans l'intérieur des propriétés, seront éclairés aux frais et par les soins de ceux auxquels ils appartiennent, ou auxquels ils auront été confiés, en se conformant à ce qui est prescrit par l'article 19.

SECTION IV. — *Travaux, jeux, écriteaux*

Art. 73. Il est défendu aux maréchaux-ferrants, layetiers-emballeurs, serruriers, tonneliers et autres, de travailler ni faire travailler sur la voie publique.

Art. 74. Il est également défendu aux marchands épiciers, limonadiers et autres, de brûler, ni faire brûler, sur la voie publique, du café et autres denrées.

Il est accordé un délai de trois mois à ceux qui n'ont point de cour, pour faire, dans leurs habitations, les dispositions convenables à cette opération, ou pour se procurer des emplacements particuliers.

Art. 75. Les jeux de palet, de tonneau, de siam, de quilles, de volant et tous autres susceptibles de gêner la circulation et d'occasionner des accidents, sont interdits sur la voie publique.

Art. 76. Les écriteaux servant à faire connaître au public les maisons, appartements, chambres, magasins et autres objets à vendre où à louer, ne pourront être suspendus au-devant des murs de face des maisons riveraines de la voie publique et devront être attachés et appliqués contre les murs.

Art. 77. Il est défendu de brûler de la paille sur la voie publique et d'y tirer des armes à feu, des pétards, fusées et autres pièces d'artifice.

CHAPITRE VI

Boulevards et promenades publiques non closes

Art. 78. Il est défendu de parcourir à cheval ou en voiture, même avec des voitures traînées à bras, les contre-allées des boulevards intérieurs et extérieurs de la capitale, et généralement toutes les parties des promenades publiques non closes réservées aux piétons.

Art. 79. Il est permis de traverser les contre-allées à cheval ou en voiture, pour entrer dans les propriétés riveraines, si le sol de la traversée est disposé à cet effet, conformément aux permissions dont les propriétaires auront dû se pourvoir auprès de l'autorité compétente.

Les chevaux et voitures ne pourront, sous aucun prétexte, stationner dans les contre-allées.

Art. 80. Il ne sera déposé sur les chaussées ni dans les contre-allées aucune espèce de matériaux, lors même qu'ils seraient destinés à des travaux de construction ou de réparation à exécuter dans les propriétés riveraines.

Le transport des matériaux à travers les contre-allées qui n'auront point été disposées pour le passage des voitures, ne pourra se faire à l'aide de voitures, camions ou brouettes, sans qu'on ait pris les mesures de précaution indiquées dans les permissions dont les propriétaires ou entrepreneurs seront tenus de se pourvoir.

Art. 81. Il est défendu de faire écouler les eaux ménagères sur les contre-allées et quinconces des boulevards tant intérieurs qu'extérieurs et toutes promenades publiques, à moins d'une autorisation spéciale.

Art. 82. Il est défendu de jeter des pierres ou bâtons dans les arbres, d'y suspendre des écriteaux, enseignes, lanternes et autres objets, d'y tendre des cordes pour faire sécher le linge, des étoffes ou autres choses, d'y attacher des animaux, enfin de rien faire qui soit susceptible de nuire à la liberté et à la sûreté de la circulation, et à la conservation des plantations.

Art. 83. On ne pourra combler, sans autorisation, les fossés et cuvettes bordant les contre-allées.

Défenses sont faites d'y jeter du fumier, des débris de jardinage, ordures, immondices et autres matières, et d'y faire écouler les eaux ménagères.

Art. 84. Il est défendu d'arracher ni de dégrader les barrières, poteaux, dalles, bornes, et généralement tous objets quelconques établis pour la sûreté, l'utilité, la décoration et l'agrément des boulevards et promenades.

Art. 85. Nul ne pourra établir, sans permission, des échoppes, barraques, ni faire aucune construction fixe ou mobile dans les contre-allées ou quinconces des boulevards ou promenades.

Les échoppes, barraques et autres constructions existant en vertu d'autorisations ne pourront être augmentées ni même réparées sans une permission spéciale.

Celles pour lesquelles il n'a point été délivré de permission seront supprimées dans le délai d'un mois.

CHAPITRE VII

Dispositions générales

Art. 86. Au moyen des dispositions ci-dessus, l'ordonnance de police du 22 mai 1822, contenant les mesures de précaution à prendre pour garantir la sûreté de la circulation est rapportée.

Art. 87. Il est défendu de dégrader, détruire ou enlever les barrières, pieux, réverbères, échafauds, appliques ou lampions, et tous objets généralement quelconques établis par l'autorité ou par des particuliers, en exécution de la présente ordonnance.

Art. 88. Les contraventions seront constatées par des procès-verbaux ou rapports et poursuivies conformément aux lois et règlements, sans préjudice de la responsabilité civile.

Art. 89. Toutes les fois que la liberté et la sûreté de la voie publique seront compromises, soit par refus de satisfaire aux obligations imposées, soit par négligence, les commissaires de police prendront administrativement, aux frais des contrevenants, les mesures nécessaires à l'effet de prévenir les accidents.

Art. 90. Dans les cas où des matériaux et autres objets resteraient déposés sur la voie publique, contrairement à la présente ordonnance, ils seront immédiatement enlevés à la diligence des commissaires de police, et transportés provisoirement aux lieux de dépôt à ce destinés.

Si les propriétaires sont connus, sommation leur sera faite de retirer lesdits objets dans le délai fixé par la sommation, tous frais faits par l'administration préalablement payés.

Si les propriétaires sont inconnus, ou s'il n'a pas été déféré aux sommations, les objets seront dès lors considérés comme abandonnés et seront vendus à la conservation des droits de qui il appartiendra.

Art. 91. La présente ordonnance sera imprimée et affichée.

Le commissaire en chef de la police municipale, les commissaires de police, les officiers de paix, l'architecte-commissaire de la petite voirie, les inspecteurs généraux de la salubrité et de l'illumination, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, d'en surveiller l'exécution.

Elle sera adressée à M. le colonel commandant de la gendarmerie royale de Paris, pour le mettre à portée de concourir à son exécution.

en sera envoyé des exemplaires à MM. les sous-préfets des arrondissements de Sceaux et de Saint-Denis, pour qu'ils les fassent afficher dans l'intérêt de ceux de leurs administrés qu'elle concerne.

ORDONNANCE DE POLICE CONCERNANT LES CHÉNEAUX ET GOUTTIÈRES DESTINÉS A RECEVOIR LES EAUX PLUVIALES SOUS L'ÉGOUT DES TOITS

Du 30 novembre 1831.

Nous, préfet de police,

Considérant qu'un grand nombre de maisons riveraines de la voie publique sont dépourvues de chéneaux ou de gouttières et de tuyaux de descente, destinés à recevoir et conduire jusqu'au pavé de la rue les eaux pluviales provenant de leurs toitures; que ces eaux, en tombant directement sur le sol, incommodent les passants, dégradent le pavé et enlèvent à la circulation des piétons une partie de largeur des rues, et notamment des trottoirs;

Considérant qu'il importe de remédier à un état de choses si contraire à la commodité de la circulation

Considérant d'ailleurs que si l'établissement des chéneaux ou gouttières et tuyaux de conduite des eaux pluviales, doit occasionner quelques dépenses aux propriétaires des maisons qui en sont dépourvues, ces dépenses réclamées dans un intérêt public, tourneront au profit de leur intérêt particulier, en prévenant les dégradations notables qu'éprouvent les murs, les devantures de boutique, et autres parties de la façade des maisons par la chute des eaux pluviales qui s'écoulent des toits et rejaillissent sur les auvents;

Vu la loi des 16-24 août 1790, titre XI, art. 333 et l'art. 471 du Code pénal;

En vertu de l'art. 22 de l'arrêté du gouvernement du 12 messidor an VIII (1er juillet 1800);

Ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. Dans le délai de quatre mois, à partir de la publication de la présente ordonnance, les propriétaires des maisons bordant la voie publique, et dont les eaux pluviales des toits y tombent directement seront tenus de faire établir des chéneaux ou des gouttières sous l'égout de ces toits, afin d'en recevoir les eaux qui seront conduites jusqu'au niveau du pavé de la rue au moyen des tuyaux de descente appliqués le long des murs de face avec 16 centimètres au plus de saillie. (Art. 3 titre XI de la loi des 16-24 août 1790.)

Les gouttières ne pourront être qu'en cuivre, zinc ou tôle étamées, et soutenues par des corbeaux en fer.

Les tuyaux de descente ne pourront être établis qu'en fonte, cuivre, zinc, plomb ou tôle étamée, et retenus par des colliers en fer à scellement.

Une cuiller en pierre devra être placée sous le dauphin de ces tuyaux.

Art, 2. Il ne sera perçu aucun droit de petite voirie pour les chéneaux, gouttières, tuyaux de conduite ou cuiller destinés à l'écoulement des eaux pluviales, et qui seront établis dans le délai fixé par l'article précédent, conformément à la délibération du conseil municipal de la ville de Paris, en date du 25 de ce mois.

Art. 3. Lors de la construction des nouveaux trottoirs, il sera pris les mesures nécessaires pour que les eaux pluviales s'écoulent sous ces trottoirs au moyen de gargouilles pratiquées à cet effet.

Art. 4. Les propriétaires qui ont fait construire des trottoirs, sans avoir pris la mesure prescrite par l'article précédent seront tenus de s'y conformer dans le délai de quatre mois.

Art. 5. Les contraventions seront constatées par des procès-verbaux ou rapports, et poursuivies conformément aux lois et règlements.

ORDONNANCE CONCERNANT LES TRAVAUX EXÉCUTÉS SUR LA VOIE PUBLIQUE ET DANS LES PROPRIÉTÉS QUI EN SONT RIVERAINES

Du 29 mai 1837.

Nous, conseiller d'État, préfet de police,

Considérant que la multiplicité des travaux exécutés sur la voie publique donne lieu à des inconvénients qui excitent des plaintes fondées;

Que l'ordonnance de police du 8 août 1829 a bien rappelé les principales dispositions des anciens règlements concernant les travaux effectués sur la voie publique, mais que l'expérience de plusieurs années a fait reconnaître qu'il était nécessaire de rendre ces dispositions plus complètes et plus efficaces;

Vu la loi des 16-24 août 1790 ;

L'ordonnance de police du 8 août 1829 ;

Le cahier des charges imposées aux entrepreneurs des travaux du service municipal dans l'intérieur de la ville de Paris;

En vertu de l'arrêté du gouvernement du 12 messidor an VIII (1er juillet 1800);

Ordonnons ce qui suit :

CHAPITRE PREMIER

Travaux sur la voie publique

Art. 1er Aucun entrepreneur ne pourra exécuter des travaux sur la voie publique, sans notre autorisation.

On continuera à suivre, pour obtenir cette autorisation, les formalités prescrites par l'ordonnance de police du 8 août 1829.

Nonobstant cette autorisation, on ne pourra commencer les travaux qu'après en avoir prévenu vingt-quatre heures au moins à l'avance, le commissaire de police du quartier, qui s'entendra avec l'ingénieur chargé de la direction des travaux, pour donner les ordres nécessaires relativement à ce qui peut intéresser la liberté de la circulation et la sûreté publique.

Art. 2. Les entrepreneurs seront tenus de se conformer exactement aux dispositions que l'ingénieur et le commissaire de police du quartier leur prescriront, de concert et sur place, pour la limite des fouilles ou tranchées, les passages réservés aux piétons et aux voitures, s'il y a possibilité, le lieu de dépôt des équipages et des matériaux, les endroits où devront être établis les bassins à mortier, des passerelles et des ponts à voitures, l'éclairage pendant la nuit, et pour toutes les autres mesures de précaution nécessaires à l'effet de prévenir les encombrements et les accidents.

SECTION PREMIÈRE. — *Travaux d'égouts*

Art. 3. Avant l'ouverture des travaux, les parties de la voie publique exclusivement réservées pour la circulation seront déterminées sur place, et celles qui seront abandonnées aux travaux seront enceintes par des barrières en charpente à hauteur d'appui, avec courant de lisses.

Art. 4. L'enlèvement des terres sera fait, autant que possible, à mesure des fouilles, de manière qu'il n'en reste pas sur le bord des tranchées, à la fin de la journée, et que les environs soient débarrassés des terres qui tomberaient des voitures de transport.

Art. 5. Les matériaux seront, au fur et à mesure de la décharge qui en sera faite, rangés de manière à ne point nuire à l'écoulement des eaux pluviales et ménagères.

Il sera placé, au-dessus de tout dépôt, un écriteau peint en noir, sur fond blanc, et indicatif du nom et demeure de l'entrepreneur à qui les matériaux appartiendront.

Art. 6. Sous aucun prétexte, il ne pourra être formé de chantier pour la taille des pierres sur la voie publique.

Le commissaire de police du quartier fera enlever d'office les pierres de taille et pavés qui y auraient été déposés, ainsi que les pierres meulières, bassins et mortier et équipages placés à des endroits autres que ceux désignés à cet effet, ou qui resteraient sur place après l'achèvement des travaux auxquels ils étaient destinés. Les matériaux ainsi enlevés seront portés aux décharges publiques ou à la fourrière.

SECTION II. — *Travaux pour établissement de conduites des eaux et du gaz*

Art. 7. La longueur des tranchées ne devra jamais excéder celle qui sera spécialement prescrite par l'arrêté d'autorisation des travaux.

Les tranchées ouvertes sur un seul point de la voie publique seront continuées successivement dans une longueur égale à celle des parties remblayées.

Art. 8. Les terres provenant des fouilles seront retenues avec des plats-bords solidement fixés, de manière qu'elles ne puissent se répandre ni sur les trottoirs, ni sur le pavé réservé pour la circulation des voitures et que l'écoulement des eaux reste toujours libre.

SECTION III. — *Dispositions communes à ces divers travaux*

ART. 9. Il est expressément défendu de rouler des brouettes sur les dallages des trottoirs, ou d'y faire passer les roues des voitures et d'y déposer les outils, équipages ou matériaux.

Tous les trottoirs dont l'enlèvement provisoire n'aura pas été autorisé devront constamment rester libres pour la circulation des piétons.

ART. 10. Dans le cas où il serait indispensable d'interdire momentanément la circulation aux voitures sur certains points de la voie publique, on devra placer à l'entrée des rues aboutissant aux travaux des poteaux supportant, à la hauteur de 3 mètres au moins, une inscription, dont les caractères seront peints en noir sur un fond blanc, et qui sera conçue : *Rue barrée aux voitures avec permission de l'autorité.* Ces poteaux devront être éclairés le soir au moyen d'une ou plusieurs appliques.

ART. 11. Dans le cas où en faisant des tranchées, on découvrirait des berceaux de caves, des fosses, des puits ou des égouts abandonnés, on sera tenu de déclarer immédiatement à la préfecture de police l'existence de ces caves, fosses, puits ou égouts, pour nous mettre à portée de les faire visiter et de prescrire les mesures nécessaires.

Les résidus retirés des fouilles, qui seraient susceptibles de compromettre la salubrité publique, seront enlevés et transportés aux voiries dans des voitures couvertes, et qui ne laissent rien répandre sur le sol.

ART. 12. Les monnaies, les médailles, armes, objets d'art ou d'antiquité, et tous autres effets trouvés dans les fouilles seront remis immédiatement au commissaire de police du quartier, qui devra constater cette remise, sans préjudice, s'il y a lieu, des droits attribués par la loi à l'auteur de la découverte.

Les débris humains seront soigneusement recueillis par l'entrepreneur, pour être transportés au lieu de repos, à la diligence du commissaire de police du quartier.

ART. 13. Les ateliers, les dépôts de meulières, de tuyaux de fonte et d'équipages, les bassins à mortier, ainsi que tous les points de la voie publique qui, par suite des ouvrages, pourraient présenter du danger pour la circulation, seront éclairés pendant la nuit avec des appliques, placées et entretenues aux frais et par les soins de l'entrepreneur, en nombre suffisant, qui sera indiqué par le commissaire de police.

ART. 14. L'entrepreneur sera tenu de placer sur les ateliers, le nombre de gardiens nécessaires pour veiller, le jour et la nuit, au maintien du bon ordre.

Il fera déposer aux heures prescrites par les règlements, dans les endroits accessibles aux voitures du nettoiement, les ordures ménagères provenant des maisons riveraines des parties barrées de la voie publique.

ART. 15. Chaque année, les travaux ne pourront être entrepris avant le 1er mars. Ils devront être terminés, le pavé rétabli et la voie publique débarrassée de tous décombres et immondices, avant le 15 du mois de novembre.

ART. 16. Le commissaire de police fera combler immédiatement toutes tranchées qui seraient ouvertes sur son quartier sans notre autorisation préalable.

Sur sa réquisition, le pavé sera rétabli, dans les vingt-quatre heures, par l'ingénieur en chef du pavé de Paris, tant sur les tranchées remblayées d'office, aux frais de qui de droit, que sur toute tranchée comblée par suite de l'achèvement de travaux d'égouts ou d'établissement de conduite.

CHAPITRE II

Travaux dans les propriétés riveraines de la voie publique

ART. 17. Toutes les fois que l'autorité le jugera convenable, il sera établi, au-devant de la barrière posée au droit des bâtiments en démolition ou en construction, et à la hauteur ordinaire des trottoirs, un plancher en bois solidement assemblé, d'un mètre au moins de largeur, et soutenu par une bordure en charpente solidement fixée, ayant 16 centimètres au moins de relief au-dessus du pavé.

Ce plancher devra se raccorder avec les trottoirs adjacents, s'il y en a, ou être prolongé jusqu'au mur de face des maisons voisines. Il sera entretenu en bon état et propre, par l'entrepreneur qui aura obtenu la permission de poser la barrière, et ne sera enlevé qu'avec ladite barrière.

ART. 18. La barrière et le trottoir en bois ne devront jamais gêner le libre écoulement des eaux de la rue.

La barrière sera, à ses extrémités, disposée en pans coupés de 45 degrés.

ART. 19. Aussitôt que les remblais seront achevés, s'il ne s'agit que de démolition, ou que le nouveau bâtiment sera couvert, la barrière sera enlevée.

ART. 20. A moins de circonstances particulières, il ne sera point établi de barrières devant les maisons en réparation.

On sera tenu, pour ces réparations, de faire usage d'échafauds volants ou en bascule, sans points d'appui directs sur la voie publique, et de $1^m,27$ au plus de saillie sur le mur de face, de telle sorte que la circulation puisse continuer sur le trottoir ou au pied de la maison.

Pour prévenir la chute de matériaux ou autres objets sur la voie publique, le premier plancher au-dessus du rez-de-chaussée sera, pendant toute la durée des travaux, garni de planches jointives et avec rebords.

Si l'échafaud doit avoir plus de deux étages, on sera tenu de garnir de planches l'étage d'échafaud au-dessous de celui sur lequel les ouvriers travailleront.

ART. 21. Lorsque des circonstances particulières exigeront des points d'appui directs, ces points d'appui seront des sapines de toute la hauteur de la façade à réparer, afin d'éviter les entes de boulins les uns sur les autres.

ART. 22. Lors des démolitions qui pourront faire craindre des accidents sur la voie publique, indépendamment des ouvriers munis d'une règle que l'on est tenu de faire stationner pour avertir et éloigner les passants, la circulation au pied du bâtiment sera encore défendue par une enceinte de cordes portées sur poteaux, qui comprendra toute la partie de la voie publique sur laquelle les matériaux pourraient tomber. Chaque soir, ces cordes et les poteaux seront enlevés et les trous dans le pavé bouchés avec soin.

ART. 23. Les voitures destinées aux approvisionnements ou à l'enlèvement des terres ou gravois, entreront dans l'intérieur de la propriété, toutes les fois qu'il y aura possibilité. Dans le cas contraire, elles se placeront toujours parallèlement à la maison et jamais en travers de la rue.

ART. 24. Aussitôt le déchargement des voitures sur la voie publique, des ouvriers en nombre suffisant seront employés à rentrer sans interruption les matériaux dans l'enceinte de la barrière ou dans la maison.

Le sciage et la taille des pierres sur la voie publique sont expressément défendus.

ART. 25. L'entrepreneur de maçonnerie est spécialement tenu de maintenir la propreté de la voie publique dans toute l'étendue de la façade en réparation ou en construction, pendant toute la durée des travaux et l'existence de la barrière ou des échafauds.

CHAPITRE III

Dispositions générales

ART. 26. Les contraventions aux dispositions de la présente ordonnance seront constatées par des rapports ou procès-verbaux qui nous seront transmis, pour être déférés aux tribunaux, et provisoirement, il sera pourvu d'office, aux frais de qui il appartiendra, à l'exécution desdites dispositions prescrites dans l'intérêt de la sûreté de la circulation.

ART. 27. Toutes les dépenses occasionnées pour l'enlèvement et le transport de matériaux, les remblais, les pavages provisoires exécutés d'office, et les salaires d'ouvriers, seront constatées par procès-verbal, dressé par le commissaire de police du quartier, à la charge de qui de droit.

ART. 28. La présente ordonnance sera imprimée et affichée.

Les ingénieurs en chef, directeurs de l'assainissement et du pavé de Paris, les commis-

saires de police, le chef de la police municipale, l'architecte-commissaire de la petite voirie, le directeur de la salubrité, les officiers de paix et autres préposés de l'administration, sont chargés d'en surveiller et assurer l'exécution.

Elle sera adressée à M. le colonel commandant de la garde municipale de la ville de Paris, pour le mettre à même de concourir à son exécution.

ORDONNANCE DE POLICE CONCERNANT LES CONDUITES ET APPAREILS D'ÉCLAIRAGE PAR LE GAZ DANS L'INTÉRIEUR DES HABITATIONS

Du 31 mai 1842.

Nous, conseiller d'État, préfet de police, considérant, etc...

3° La loi des 16-24 août 1790;

4° Les arrêtés du gouvernement du 12 messidor an VIII et du 3 brumaire an IX;

5° L'ordonnance de police du 20 décembre 1824;

Ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. Dans le délai d'un mois, à dater de la promulgation de la présente ordonnance, les compagnies d'éclairage par le gaz feront, à la préfecture de police, la déclaration de tous les appareils d'éclairage alimentés par elles.

Art. 2. Les appareils, comprenant les conduites, les robinets, les becs, etc., seront visités dans tous leurs détails par les agents de l'administration.

Art. 3. Ceux qui présenteraient des dangers pour la sûreté ou pour la salubrité seront modifiés ou réparés dans un délai fixé.

Art. 4. Passé ce délai, si les réparations ou changements n'ont pas été faits ou ne sont pas suffisants, le branchement partant de la conduite longitudinale sera coupé et tamponné près de cette conduite, la tranchée comblée, et le pavé remplacé aux frais de qui de droit.

Art. 5. A l'avenir, aucune localité ne pourra être éclairée par le gaz sans notre autorisation.

A cet effet, toute personne qui voudra faire placer chez elle des tuyaux de conduite et autres appareils pour l'éclairage au gaz devra préalablement nous en faire la déclaration.

Art. 6. L'autorisation d'éclairer ne sera donnée qu'après une visite qui fera connaître si les tuyaux de conduite et autres appareils sont établis conformément aux prescriptions de la présente ordonnance.

Art. 7. En conséquence, les tuyaux de conduite et autres appareils devront rester apparents dans tout leur développement, jusqu'à ce que les agents chargés des visites aient déclaré, par un bulletin délivré à cet effet, qu'on peut les recevoir.

Art. 8. De leur côté, les compagnies feront, à la préfecture de police, la déclaration de toutes les demandes d'éclairage, au fur et à mesure qu'elles leur seront adressées, et elles ne devront fournir le gaz que sur la présentation qui leur sera faite de l'autorisation prescrite par l'article 5.

Art. 9. Les dispositions des articles 5, 6, 7 et 8 ci-dessus sont applicables aux déplacements, réparations, changements ou additions dont les conduites ou appareils seraient l'objet.

Art. 10. Aucun robinet de branchement particulier ne pourra être établi sous le sol de la voie publique, à moins d'une autorisation spéciale pour les cas exceptionnels; les robinets devront toujours être placés dans les soubassements des maisons ou boutiques, ou dans l'épaisseur des murs.

Art. 11. Les robinets actuellement existant sous la voie publique, seront supprimés aux frais de qui de droit, au fur et à mesure de la réfection des trottoirs ou du pavé.

Art. 12. Le robinet extérieur devra être caché par une porte en métal, dont la compagnie seule aura la clef.

Art. 13. Des doubles clefs du robinet et de la porte en tôle devront être déposées chez les commissaires de police.

Art. 14. Le robinet extérieur sera renfermé dans un coffre disposé de manière que le gaz qui s'y introduirait ne pût se répandre dans les lieux éclairés et dans les vides des devantures et dût, au contraire, s'échapper forcément au dehors.

Art. 15. Indépendamment du robinet extérieur, lequel ne doit être manœuvré que par les agents de chaque compagnie, il y en aura un autre placé à l'intérieur, à la disposition du consommateur; ce robinet lui permettra de fermer la conduite et d'intercepter, en cas de besoin, toute communication entre ses appareils et la conduite longitudinale.

Ces deux robinets seront liés l'un à l'autre de telle sorte : 1° que le robinet intérieur soit fermé forcément en même temps que le robinet extérieur; 2° que le robinet intérieur ne puisse être ouvert tant que le robinet extérieur sera fermé; 3° enfin, que le robinet intérieur ne soit indépendant du robinet extérieur que si on veut le fermer.

Art. 16. Les clefs de tous les robinets devront être disposées de manière à ne pouvoir être enlevées de leurs boisseaux, même par un violent effort.

Art. 17. Toute tranchée ouverte sur la face d'un mur pour y placer une conduite de gaz sera enduite en ciment hydraulique avant la pose de la conduite.

Art. 18. Avant de poser une conduite dans un enduit de plafond, la rainure destinée à la recevoir sera revêtue d'un demi-cylindre en métal, scellé avec soin, de manière à empêcher le gaz de pénétrer dans les cavités du plancher.

Art. 19. Si la conduite traverse, en quelque sens que ce soit, un mur, un pan de bois, une cloison, un placard, un plancher ou un vide quelconque, elle sera placée sur toute la longueur de ce parcours, dans un fourreau ouvert à ses deux extrémités, ou au moins à l'extrémité la plus élevée.

Art. 20. S'il n'est pas possible de prendre cette précaution, la conduite ne pourra être posée qu'en dehors desdits murs, pans de bois, placards, planchers, etc.

Art. 21. Les tuyaux de conduite et les fourreaux dont il est question dans les articles qui précèdent devront être en fer étiré ou forgé, en fonte, en plomb ou en cuivre, et parfaitement ajustés.

Art. 22. Les parois du fourreau ne pourront être adhérentes au tuyau de branchement.

Art. 23. Les montres (c'est-à-dire les espaces fermés destinés à l'étalage des marchandises), dans lesquelles seront placés des becs d'éclairage, devront toujours être ventilées avec soin.

Art. 24. Les becs brûlant à air libre sont interdits, sauf les exceptions autorisées par l'administration.

Art. 25. Les becs, lorsqu'ils ne seront pas munis d'une cheminée, devront être renfermés dans une lanterne, dans un manchon ou dans un globe.

Art. 26. Toutes les polices d'abonnement et les quittances d'éclairage délivrées par les compagnies aux consommateurs porteront un avis indicatif de ce qu'ils devront faire en cas d'accident.

Art. 27. La compagnie qui aura reçu avis d'un accident sera tenue d'envoyer immédiatement un agent sur les lieux.

Art. 28. Les consommateurs sont personnellement responsables, sauf leur recours contre qui il appartiendra, de l'exécution des dispositions de la présente ordonnance concernant les appareils intérieurs.

Art. 29. L'ordonnance de police du 20 décembre 1824 est rapportée dans celles de ses dispositions qui seraient contraires à la présente ordonnance.

Art. 30. Les contraventions aux dispositions de la présente ordonnance seront déférées aux tribunaux compétents, sans préjudice des mesures administratives auxquelles elles pourront donner lieu, notamment la suppression des branchements particuliers, lesquels, dans ce cas, ne pourront être rétablis que sur notre autorisation.

Art. 31. Les sous-préfets des arrondissements de Sceaux et de Saint-Denis, les maires et commissaires de police des communes rurales, les commissaires de police de la ville de Paris, le chef de la police municipale, les officiers de paix, l'architecte-commissaire de la petite voirie et les autres préposés de la préfecture de police, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la précédente ordonnance, qui sera imprimée et affichée dans l'étendue du ressort de notre préfecture.

Avis relatif à l'éclairage par le gaz et aux précautions à prendre dans son emploi.

Pour que l'emploi du gaz n'offre dans l'éclairage aucun inconvénient, il importe que les becs n'en laissent échapper aucune partie sans être brûlée.

On obtiendra ce résultat en maintenant la flamme à une hauteur modérée (huit centimètres au plus), et en la contenant dans une cheminée en verre de 16 à 20 centimètres de hauteur.

Les lieux éclairés doivent être ventilés avec soin, même pendant l'interruption de l'éclairage, c'est-à-dire qu'il doit être pratiqué, dans la partie supérieure, quelques ouvertures par lesquelles le gaz puisse s'échapper au dehors, en cas de fuite ou de non-combustion.

Sans cette précaution, le gaz non brûlé s'accumule dans la pièce, et peut occasionner des asphyxies, des explosions et des incendies.

Les robinets doivent être graissés de temps à autre intérieurement, afin d'en faciliter le service et d'en éviter l'oxydation.

Pour l'allumage, il est essentiel d'ouvrir d'abord le robinet principal et de présenter la lumière successivement à l'orifice de chaque bec, au moment même de l'ouverture de son robinet, afin d'éviter tout écoulement de gaz non brûlé.

Pour l'extinction, il convient de fermer d'abord le robinet principal intérieur, et ensuite chacun des becs d'éclairage. Dans tous les lieux où les robinets extérieurs et intérieurs ne seraient pas encore liés entre eux, conformément aux prescriptions de l'article 15 de l'ordonnance qui précède, le robinet intérieur doit être fermé au moment de l'extinction, même après la fermeture du robinet extérieur, pour que, le lendemain, au moment de l'ouverture du robinet extérieur, le gaz ne s'échappe pas dans l'intérieur.

Dès qu'une odeur de gaz donne lieu de penser qu'il existe une fuite, il convient d'ouvrir les portes ou croisées pour établir un courant d'air, et de fermer le robinet intérieur.

Il est nécessaire d'en donner avis simultanément au constructeur de l'appareil et à la compagnie qui fournit le gaz, afin que la fuite soit réparée immédiatement.

Le consommateur doit s'abstenir de rechercher lui-même la fuite avec du feu ou de la lumière.

Dans le cas où, soit par imprudence, soit accidentellement, une fuite de gaz aurait été enflammée, il conviendra, pour l'éteindre, de poser dessus un linge imbibé d'eau.

Le consommateur doit toujours s'abstenir de toucher au robinet extérieur, et à la porte qui le ferme, ce robinet devant être manœuvré exclusivement par les agents de la compagnie qui fournit le gaz.

Lorsqu'on exécute dans les rues, des travaux d'égouts, de pavage, de trottoirs ou de pose de conduites d'eau, les consommateurs au-devant desquels ces travaux s'exécutent feront bien de s'assurer que les branchements qui leur fournissent le gaz ne sont point endommagés ni déplacés par ces travaux, et, dans le cas contraire, d'en donner connaissance à la compagnie d'éclairage et à l'administration.

RÈGLEMENT DU PRÉFET DE LA SEINE SUR LE SERVICE DE LA GRANDE VOIRIE DE PARIS

Du 1er juin 1842.

SECTION PREMIÈRE. — *Travaux ordinaires de voirie*

ART. 1er. Les demandes de permission pour construire, reconstruire, modifier, réparer ou surélever les bâtiments ou murs de clôture, devront toujours être accompagnées d'un plan géométral et d'une coupe, et signées par les propriétaires ; toute demande qui ne remplira pas ces conditions sera renvoyée au pétitionnaire pour être complétée.

Ces demandes seront, comme par le passé, aussitôt après leur inscription sur le registre du bureau, renvoyées aux commissaires voyers d'arrondissement qui seront expressément

tenus de faire leurs rapports dans le délai de six jours au plus, à partir de la date de l'envoi.

ART. 2. Dans le cas où le délai serait dépassé, le commissaire voyer indiquera dans son rapport les causes du retard.

ART. 3. Les rapports des commissaires voyers sur les demandes sujettes à discussion seront, comme par le passé, renvoyés immédiatement aux commissaires voyers divisionnaires qui devront également donner leur avis dans le délai de six jours au plus ; de manière que le bureau de consultation de la voirie puisse être appelé à en délibérer à sa plus prochaine réunion.

ART. 4. Lorsque le bureau consultatif aura été d'avis de refuser la permission demandée, un projet d'arrêté de refus nous sera présenté dans les vingt-quatre heures, et notre décision, dans le cas où le refus serait maintenu par nous, sera notifiée sans aucun retard à la partie intéressée.

Le commissaire voyer donnera immédiatement avis de notre décision à son inspecteur, et tous deux exerceront la surveillance la plus active pour empêcher que les travaux ne soient exécutés. Ils devront également surveiller avec attention même les travaux autorisés, pour que rien ne se fasse au delà de ce qui a été permis.

ART. 5. Aucun ouvrage, de quelque nature qu'il soit, ne pourra être autorisé par les commissaires voyers ou inspecteurs voyers sans qu'au préalable la permission en ait été délivrée par nous. Ces permissions, lorsqu'elles ne donnent lieu à aucune difficulté, devront être présentées à notre signature par le bureau de la voirie dans la huitaine, à dater du jour du dépôt du rapport du commissaire voyer d'arrondissement.

L'indication des points de repère auxquels lesdits commissaires voyers auront à se conformer, dans la délivrance des alignements, sera donnée par un agent spécial, membre de la commission des alignements, ou, en cas d'empêchement de ce dernier, par le géomètre en chef attaché au bureau de la voirie ; ledit agent donnera son avis sur toutes les difficultés que pourrait présenter la rédaction desdites permissions. A son défaut, le géomètre en chef sera également chargé de ce soin.

Les commissaires voyers devront toujours joindre à leurs rapports sur les demandes d'alignement des croquis cotés, indiquant la configuration des constructions à démolir, afin de faciliter ultérieurement le récolement du terrain retranché de la propriété, ou qui y aura été réuni.

SECTION II. — *Travaux en contravention*

ART. 6. Les commissaires voyers sont considérés, quant à la constatation des contraventions en matière de grande voirie, comme commissaires voyers de toute la ville de Paris, sans distinction d'arrondissement. En conséquence, ils devront désormais dresser des procès-verbaux de toutes les contraventions qui se commettraient, non-seulement dans l'arrondissement spécialement confié à leur surveillance, mais encore dans tous les autres arrondissements ; seulement, lorsqu'un commissaire voyer signalera une contravention dans un arrondissement autre que le sien, il sera tenu d'en informer sur-le-champ son collègue par l'envoi d'un extrait ou d'une notice, dont nous fixerons la teneur uniforme.

Outre cette constatation des contraventions, les commissaires voyers ont le droit et le devoir de visiter dans toute l'étendue de la ville de Paris, et dans l'intérêt non-seulement de l'alignement, mais encore dans celui de la sûreté et de la salubrité publique, tous les travaux de construction ou de grosses réparations qui se font tant en dehors qu'en dedans des propriétés bordant la voie publique.

ART. 7. Les procès-verbaux de contravention seront remis directement au bureau, où, après avoir été répertoriés, ils seront renvoyés sur-le-champ au bureau des archives chargé de les soumettre à la formalité de l'enregistrement.

ART. 8. Les commissaires voyers devront, le jour même où ils dresseront leur procès-verbal, requérir la suspension immédiate de tous travaux qui s'exécutent en contravention, et constater, s'il y a lieu, le refus des propriétaires ou entrepreneurs d'obtempérer à cette injonction.

Art. 9. Lorsqu'une contravention importante, telle que la reconstruction d'une maison en avant de l'alignement, une surélévation extralégale, la réfection d'une partie de mur de face retranchable, etc., aura été commise et achevée avant d'avoir été signalée, ou si elle est révélée à l'administration par toute autre voie que celle des agents de la voirie, le commissaire voyer de l'arrondissement deviendra responsable du fait, et devra donner des explications positives sur les causes et les circonstances qui auront pu mettre sa surveillance en défaut. Si ces explications ne nous paraissent pas suffisantes, cet agent sera, suivant le cas, passible de l'une des pénalités portées dans les trois derniers paragraphes de l'article 24 ci-après.

Art. 10. Les commissaires voyers devront veiller à ce que les décisions du conseil de préfecture soient exécutées d'office, ou autrement, dans le délai de quinzaine au plus tard, à partir du jour où les expéditions desdites décisions leur auront été transmises. Aucune prorogation à ce délai ne pourra être accordée que par un arrêté pris par nous sur l'avis du commissaire voyer de l'arrondissement, et un rapport du bureau de la voirie.

Art. 11. Les commissaires voyers ne cesseront de poursuivre l'exécution des décisions du conseil de préfecture que quand les parties leur fourniront la preuve ou de leur opposition formée à des décisions rendues par défaut, ou de l'appel interjeté au conseil d'État contre des décisions contradictoires.

Dans ces deux cas, le commissaire voyer en donnera avis à l'administration, en joignant à son rapport le bulletin ou récépissé constatant l'opposition ou l'appel.

Art. 12. Il sera tenu par le bureau une note exacte de toutes les décisions renvoyées aux commissaires voyers pour exécution. Cette note sera lue au bureau de consultation de la voirie à l'ouverture de chaque séance hebdomadaire.

Art. 13. Les commissaires voyers seront tenus de répondre d'urgence, et au plus tard dans la huitaine, à toutes les réclamations en défense ou en opposition qui leur seront communiquées à fin d'avis en matière de contravention; tout retard extraordinaire non motivé sur des causes suffisantes sera porté à notre connaissance, et, suivant le cas, donnera lieu à l'une des pénalités portées en l'art. 24.

Art. 14. La responsabilité des commissaires voyers ne cessera pas par le renvoi au bureau des pièces de l'affaire; en cas d'empêchement à l'exécution des décisions, ils devront, de leur côté, tenir note de ces affaires en suspens et les rappeler au bureau, pour hâter au besoin le supplément d'instruction auquel elles pourront donner lieu.

Art. 15. A l'avenir, l'exécution des décisions du conseil de préfecture sera constatée à la fois par le commissaire voyer d'arrondissement et par le commissaire voyer divisionnaire qui aura concouru à l'instruction de l'affaire.

SECTION III. — *Des inspecteurs voyers*

Art. 16. Les inspecteurs voyers sont sous les ordres des commissaires voyers, et sont tenus de leur prêter leur concours pour la prompte expédition des affaires, la répression efficace des contraventions, la recherche et la constatation des cas de négligence et d'irrégularité nuisibles aux intérêts de la voie publique; tels que l'interruption de travaux commencés et le maintien de barrières, étais, étrésillons, chevalements, après les délais fixés dans les permissions.

Lorsque, en faisant leurs tournées, les inspecteurs voyers remarqueront, même hors de leurs arrondissements, soit par des approvisionnements de matériaux, soit par tout autre indice, des dispositions qui pourraient faire soupçonner l'intention d'une exécution clandestine de travaux, ils avertiront immédiatement le commissaire voyer de l'arrondissement où ces observations auront été faites.

Art. 17. Le droit de verbaliser dans tout Paris sur les contraventions de grande voirie est attribué aux inspecteurs voyers comme aux commissaires voyers, et ils prêteron serment à cet effet. En conséquence, les dispositions des art. 6, 7, 8 et 9 du présent règlement leur sont applicables, et ils encourront la même responsabilité que les commissaires voyers, dans les cas prévus par l'art. 9. Les procès-verbaux des inspecteurs voyers

devront être dressés en double expédition, dont une nous sera remise directement, et l'autre sera adressée au commissaire voyer de l'arrondissement où la contravention aura été commise, lequel demeurera spécialement chargé d'en suivre l'instruction. Les inspecteurs voyers assisteront à tour de rôle aux séances hebdomadaires du bureau consultatif de la voirie, savoir : ceux des 1er, 2e et 3e arrondissements, à la première séance de chaque mois ; ceux des 4e, 5e et 6e, à la deuxième ; ceux des 7e, 8e et 9e, à la troisième ; ceux des 10e, 11e et 12e, à la quatrième ; ils y auront voix consultative.

Art. 18. Indépendamment de l'inspection quotidienne à laquelle sont tenus les commissaires et les inspecteurs voyers, ils devront faire, au moins une fois par semaine, une visite générale dans toute l'étendue de leur arrondissement, et dans cette tournée périodique, ils devront donner une attention toute particulière à la recherche des travaux intérieurs et à la surveillance : 1° des maisons qui auraient été le sujet des poursuites pour contraventions quelconques ; 2° de celles où des démolitions auraient été prescrites ; 3° des maisons qui auraient été l'objet d'un refus administratif de permission.

Art. 19. Pour être plus à portée d'exercer leur surveillance, les commissaires voyers et les inspecteurs seront tenus de résider dans les arrondissements dont ils sont chargés ; il leur est accordé un délai de six mois, à partir du 1er juillet prochain, pour se conformer à cette mesure.

Dispositions générales.

Art. 20. Les alignements donnés par les commissaires voyers seront vérifiés par le géomètre de l'arrondissement. Cette vérification aura lieu lorsque les constructions seront arrivées à l'assise de retraite.

Pour l'exécution de la disposition qui précède, le commissaire voyer nous adressera, au moins quarante-huit heures à l'avance, un avis indiquant le moment précis où le géomètre pourra procéder à son récolement d'alignement.

Ce récolement sera opéré immédiatement, et le géomètre devra nous adresser, dans le délai de six jours au plus, son rapport ainsi que le calcul de la superficie du terrain abandonné à la voie publique par le propriétaire riverain, ou cédé par la ville à ce propriétaire.

Dans le cas où la vérification du géomètre signalerait une erreur dans l'alignement donné par le commissaire voyer, il nous en sera rendu compte dans les vingt-quatre heures. Une contre-vérification sera immédiatement faite par le géomètre en chef, en présence du commissaire voyer et de la commission administrative des alignements ; le procès-verbal de cette contre-vérification nous sera adressé sans délai.

Le commissaire voyer qui, dans la délivrance et le tracé d'un alignement, aura commis une erreur assez grave pour qu'il y ait lieu à démolition, encourra l'une des pénalités déterminées par les deux derniers paragraphes de l'art. 25, sans préjudice de tous recours que les tiers auraient à exercer contre ledit commissaire voyer.

Art. 21. Lorsque les constructions, soit des maisons, soit des surélévations permises sur d'anciens bâtiments, seront parvenues à un degré d'avancement qui permettra d'en constater la hauteur légale, il sera procédé à cette vérification, afin de mettre le géomètre de l'arrondissement en état d'en opérer le récolement. Ce récolement devra être fait dans les vingt-quatre heures ; il constatera non-seulement la hauteur du mur de face, mais aussi la hauteur et la forme du comble, lequel, au besoin, sera figuré par une coupe ou profil tracé sur le procès-verbal. Le géomètre devra nous adresser son rapport dans le délai de six jours.

En cas d'erreur ou de réclamation de la part du propriétaire ou du constructeur, il sera procédé en sa présence, et conformément aux dispositions de l'article qui précède, à une contre-vérification de hauteur, tant du mur de face que du comble. Le procès-verbal de cette opération nous sera adressé dans les vingt-quatre heures.

Lorsque, par le fait du commissaire voyer et des indications qu'il aura données, l'erreur sera assez grave pour nécessiter une démolition, les dispositions du cinquième paragraphe de l'art. 20 lui seront applicables.

Art. 22. Les permissions de voirie n'étant valables que pour un an, tout travail exécuté passé ce délai sera considéré comme fait en contravention et poursuivi comme tel.

Il sera, en conséquence, ouvert au bureau de la voirie un registre ou carnet d'échéances des péremptions de permissions de voirie accordées par l'administration, avec indication de l'exécution ou de la non-exécution des travaux autorisés dans le délai d'une année

A cet effet, les commissaires voyers devront remettre au bureau, du 1er au 5 de chaque mois, un état indicatif des permissions délivrées depuis plus d'un mois et non suivies d'exécution.

Art. 23. Les commissaires voyers divisionnaires, les commissaires voyers d'arrondissement, de même que les inspecteurs voyers, ne pourront s'intéresser soit directement, soit indirectement, dans des spéculations ayant pour objet des percements ou élargissements de rues, des terrains retranchés, ou enfin des opérations quelconques qui auraient trait à l'amélioration de la voie publique.

Le seul fait de l'infraction à ces dispositions sera considéré par l'administration comme une démission d'emploi de la part de l'agent qui l'aura commise.

Les commissaires voyers divisionnaires et d'arrondissement, et les inspecteurs voyers pourront continuer de se charger, ainsi qu'ils y ont été autorisés par l'art. 6 de l'arrêté de l'un de nos prédécesseurs, en date du 26 février 1821, des travaux ci-après indiqués, *mais à la condition de nous en informer préalablement*, savoir :

1° Toute espèce de travaux de construction pour le compte du gouvernement ou d'une administration publique ;

2° Pour le compte des particuliers, toutes constructions neuves, ou réparation à des bâtiments alignés et n'excédant pas la hauteur légale ;

3° Toute espèce de travaux à des bâtiments n'ayant pas ou ne devant pas avoir un jour façade sur la voie publique.

Les agents voyers pourront aussi opérer comme experts dans toutes les affaires où la ville ne sera pas intéressée.

Tout agent de la voirie qui se chargera de la direction ou de l'exécution de travaux dans une maison non alignée, ou excédant la hauteur légale, *sera passible* de la pénalité portée au deuxième paragraphe du présent article.

Art. 24. La répartition des amendes de grande voirie n'aura plus lieu, comme par le passé, entre tous les agents voyers indistinctement ; à l'avenir, la portion de ces amendes déterminée par la loi sera attribuée intégralement aux agents qui auront les premiers signalé les contraventions.

Art. 25. Lorsqu'un commissaire voyer, dans l'instruction des affaires dont il est chargé, aura dépassé les délais prescrits au présent règlement, et qu'il sera établi que le retard provient de sa négligence, cet agent sera réprimandé à la première séance du bureau consultatif.

En cas de récidive, il subira sur ses appointements une retenue qui sera déterminée par nous, sur le rapport du bureau de la voirie.

Pour une troisième infraction, il pourra, sur le rapport qui nous en sera adressé, être privé de son emploi.

Art. 26. Les commissaires voyers divisionnaires, les commissaires voyers d'arrondissement et les inspecteurs voyers ne pourront s'absenter de Paris sans un congé délivré par nous sur la proposition du bureau.

En cas d'absence ou de congé, il sera pourvu à l'intérim par un agent voyer, à qui les appointements de l'absent seront attribués pendant toute la durée du congé.

Les agents chargés de ces *intérim* seront désignés par nous sur le rapport du bureau de la voirie.

Art. 27. A l'expiration de chaque trimestre, le bureau de la voirie mettra sous nos yeux un relevé indiquant :

1° Le mouvement des permissions de voirie ;

2° Les arrêtés de refus de travaux ;

3° Les contraventions constatées par les commissaires et inspecteurs voyers ;

4° Les condamnations prononcées par le conseil de préfecture et celles confirmées par le conseil d'État.

5° L'exécution desdites condamnations.

Art. 28. Le chef de la deuxième division et le chef du bureau de la voirie sont chargés de l'exécution du présent règlement, lequel sera imprimé pour être distribué à chacun des agents dudit service.

LOI CONCERNANT LA RÉPARTITION DES FRAIS DE CONSTRUCTION DES TROTTOIRS

Au Palais de Neuilly, le 5 juin 1845.

Art. 1er. Dans les rues et places dont les plans d'alignement ont été arrêtés par ordonnances royales, et où, sur la demande des conseils municipaux, l'établissement de trottoirs sera reconnu d'utilité publique, la dépense de construction des trottoirs sera répartie entre les communes et les propriétaires riverains, dans les proportions et après l'accomplissement des formalités déterminées par les articles suivants.

Art. 2. La délibération du conseil municipal qui provoquera la déclaration d'utilité publique, désignera en même temps les rues et places où les trottoirs seront établis, arrêtera le devis des travaux, selon les matériaux entre lesquels les propriétaires auront été autorisés à faire un choix, et répartira la dépense entre la commune et les propriétaires. La portion à la charge de la commune ne pourra être inférieure à la moitié de la dépense totale.

Il sera procédé à une enquête *de commodo et incommodo.*

Une ordonnance du roi statuera définitivement, tant sur l'utilité publique que sur les autres objets compris dans la délibération du conseil municipal.

Art. 3. La portion de la dépense à la charge des propriétaires sera recouvrée dans la forme déterminée par l'article 28 de la loi de finances du 25 juin 1841.

Art. 4. Il n'est pas dérogé aux usages en vertu desquels les frais de construction des trottoirs seraient à la charge des propriétaires riverains, soit en totalité, soit dans une proportion supérieure à la moitié de la dépense totale.

La présente loi, discutée, délibérée et adoptée par la Chambre des pairs et par celle des députés, et sanctionnée par nous ce-jourd'hui, sera exécutée comme loi de l'État.

Donnons en mandement à nos cours et tribunaux, préfets, corps administratifs, et tous autres, que les présentes ils gardent et maintiennent, fassent garder, observer et maintenir, et, pour les rendre plus notoires à tous, ils les fassent publier et enregistrer partout où besoin sera ; et, afin que ce soit chose ferme et stable à toujours, nous y avons fait mettre notre sceau.

EXTRAIT DE L'ARRÊTÉ DU PRÉFET DE LA SEINE SUR LA CONSTRUCTION DES TROTTOIRS

Du 15 avril 1846.

Les trottoirs des rues centrales et commerçantes de Paris doivent être établis en granit (bordures et dallages), l'administration se réservant d'autoriser, pour les autres rues, des dallages en bitume et des bordures en pierre dure calcaire. Ils sont, dans tous les cas, exécutés conformément aux conditions des devis et des adjudications des travaux semblables de la ville de Paris.

La bordure des trottoirs sera élevée de 17 centimètres au-dessus du pavé : la pente en travers du dallage sera de $0^m,04$ centimètres par mètre, à moins que le projet n'en indique une autre.

Devant les portes cochères, la bordure sur 2 mètres de longueur n'aura que 0m,04 de saillie au-dessus du ruisseau. Aux extrémités de cette bordure, régneront deux rampants inclinés, de 0m,05 centimètres par mètre, au milieu desquels déboucheront les gargouilles obliques de la porte cochère. Les bordures, devant ces portes, ne seront jamais entaillées.

L'intervalle compris entre les portes cochères et la bordure sera rempli par un pavage essemilé, appareillé en quinconce et posé sur un mortier hydraulique avec des joints de 0m,005 de largeur au plus.

Les gargouilles pour l'écoulement des eaux ménagères doivent être en fonte, avec rainure à leur partie supérieure, pour en faciliter le nettoiement, scellées sur massif en maçonnerie et mortier hydraulique, de 0m,28 centimètres de large, sur 0m,15 centimètres de hauteur, et avec les tuyaux de descente.

Aucune borne ni corps saillants ne peuvent être conservés dans l'épaisseur ou à l'extérieur du trottoir.

Tous travaux quelconques pour une superficie de trottoirs ne dépassant pas 10,000 mètres, doivent être terminés dans un délai de dix jours. Ce délai sera augmenté d'un jour par 5,000 mètres carrés de trottoir en sus de la surface précitée.

Le raccordement du pavé de la rue au droit des trottoirs doit être exécuté par l'entrepreneur de la ville, conformément aux règlements de voirie, sur l'ordre de l'ingénieur et aussitôt après la pose de la bordure du trottoir.

Pour les trottoirs tout en granit, la prime accordée par la ville est du tiers de l'évaluation faite par les ingénieurs ; elle est payée immédiatement après l'exécution.

Pour les trottoirs en bitume, la prime est du sixième de l'estimation des ingénieurs, et doit rester trois ans entre les mains de l'administration à titre de garantie de la bonne exécution des travaux et après leur réception par l'ingénieur.

LA LARGEUR DES TROTTOIRS SE RÈGLE D'APRÈS CELLE DES RUES CONFORMÉMENT AUX INDICATIONS DU TABLEAU SUIVANT.

LARGEUR DES RUES.	LARGEUR DES CHAUSSÉES.	LARGEUR DE CHAQUE TROTTOIR.	LARGEUR DES RUES.	LARGEUR DES CHAUSSÉES.	LARGEUR DE CHAQUE TROTTOIR.
mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
3.50	2.00	0.75	11.70	7.10	2.30
4.00	2.50	0.75	12.00	7.20	2.40
4.50	3.00	0.75	12.50	7.50	2.50
5.00	3.50	0.75	13.00	7.80	2.60
5.50	4.00	0.75	13.50	8.10	2.70
6.00	4.40	0.80	14.00	8.40	2.80
6.50	4.50	1.00	14.50	8.70	2.90
7.00	4.60	1.20	15.00	9.00	3.00
7.50	4.80	1.35	15.50	9.30	3.10
7.80	5.00	1.40	16.00	9.60	3.20
8.00	5.00	1.50	16.50	9.90	3.30
8.50	5.50	1.50	17.00	10.20	3.40
9.00	6.00	1.50	17.50	10.50	3.50
9.50	6.40	1.55	18.00	10.80	3.60
9.70	6.50	1.60	18.50	11.10	3.70
10.00	6.60	1.70	19.00	11.40	3.80
10.50	6.80	1.85	19.50	11.70	3.90
11.00	7.00	2.00	20.00	12.00	4.00
11.50	7.10	2.20	au-dessus.	minimum.	maximum.

SOLUTION DE DIVERSES QUESTIONS DE PETITE VOIRIE RÉSULTANT D'UNE DÉCISION DU PRÉFET DE POLICE, EN DATE DU 15 FÉVRIER 1850

Bannes ou Stores. — 1° L'élévation minimum des bannes ou stores reste fixée à trois mètres au-dessus du sol; toutefois, ces objets pourront être tolérés à deux mètres cinquante centimètres lorsqu'il aura été reconnu que les localités ne permettent pas de leur donner plus d'élévation.

2° Les bannes ou stores ne peuvent être garnis de joues, à moins d'une permission spéciale qui ne sera accordée qu'autant qu'il n'en résulterait aucun inconvénient pour la circulation.

3° Il ne sera pas perçu de droits pour les réparations partielles qui seront faites au coutil des bannes ou stores.

4° Le renouvellement total du coutil des bannes ou stores donnera lieu à la perception du droit fixé par le tarif pour la pose de ces objets.

5° Il est interdit d'établir des bannes ou stores en saillie des murs de face au-dessus du rez-de-chaussée.

Barres de fer ou de cuivre sur les devantures. — Il pourra être établi, sur les devantures de boutiques, des barres de fer ou de cuivre destinées à en garantir le vitrage à la condition que ces barres ne dépasseront pas de plus de trois centimètres la saillie des devantures.

Barrières et barres destinées à masquer des renfoncements. — Il ne sera pas perçu de droits de petite voirie pour les barrières, les barres en bois ou en fer, et les autres objets de même nature dont l'établissement pourra être autorisé dans un intérêt de salubrité et de sûreté publique pour défendre l'accès des renfoncements et des angles rentrants.

Boîtes à journaux et à lettres. — 1° Il pourra être permis d'établir en saillie sur les murs de face, des boîtes à journaux ou à lettres à l'usage des particuliers.

2° Les objets ne seront autorisés que lorsqu'il aura été reconnu qu'ils ne présenteront aucun inconvénient pour la sûreté et la commodité de la circulation.

3° Leur saillie maximum est de seize centimètres.

4° L'ouverture de ces boîtes devra être masquée par une planchette mobile, ou par tout autre moyen qui ne permette pas au public de se tromper sur leur destination.

5° Lesdites boîtes sont assimilées, pour la perception des droits, aux tableaux servant d'enseignes.

Bornes. — La suppression des bornes existant près des extrémités des trottoirs ne sera exigée que lorsque ces bornes présenteront des inconvénients réels pour la circulation.

Chambranles de portes et de fenêtres. — 1° Il pourra être permis d'établir des chambranles autour des baies et portes d'allées et autour des baies de fenêtres.

2° La saillie maximum de ces objets est fixée à seize centimètres pour les chambranles des portes d'allées, et à six centimètres pour les chambranles des fenêtres.

3° Les chambranles sont assimilés, pour la perception des droits, aux tableaux servant d'enseignes.

Châssis glissant derrière les parements de décoration. — Les châssis glissant derrière des parements de décoration pourront être autorisés, pourvu que ces parements n'aient pas plus de seize centimètres de saillie.

Corniches. — 1° Il est dû un droit distinct pour les corniches des devantures de boutiques.

2° Les corniches des devantures ne sont soumises qu'à un droit, bien qu'elles se prolongent au-dessus d'une ou de plusieurs portes.

Cuvettes pour les eaux ménagères. — Les cuvettes établies depuis de longues années au-devant d'anciennes maisons, et qui ont plus de seize centimètres de saillie pourront être tolérées, surtout si ces excédants de saillie ne sont pas trop considérables.

Devantures de boutiques. — 1° La hauteur maximum des devantures de boutiques est fixée à cinq mètres.

2° Cette hauteur ne pourra être dépassée que dans des cas exceptionnels, et en vertu d'une autorisation spéciale délivrée par le préfet de police.

3° Il est dû un droit distinct pour les devantures, non compris le socle et la corniche.

4° Les devantures peuvent embrasser, sans donner lieu à augmentation de droit, soit une porte d'allée, soit une porte charretière.

5° Les changements intérieurs qui ont pour effet d'augmenter le nombre des boutiques ne donnent pas lieu à la perception des droits de devantures.

6° Lorsqu'il sera fait des réparations aux devantures de boutiques, il ne sera perçu que le droit fixé par le tarif pour les objets auxquels correspondront les parties séparées, d'après l'avis de l'architecte commissaire de la petite voirie.

Échoppes. — Le droit fixé par le tarif pour les échoppes ne se paye que lors de l'établissement de l'échoppe. Tant qu'elle existe, il n'y a pas lieu à perception nouvelle pour mutation, sauf au nouvel occupant à obtenir l'agrément de l'administration.

Enseignes. — 1° Les enseignes formées de bandes de toile ou d'étoffe portant des inscriptions sont formellement interdites.

2° Lorsqu'il n'existera aucune partie du mur au rez-de-chaussée, il pourra être permis de placer des enseignes, tableaux, écussons, attributs, soit sur les objets de petite voirie n'ayant pas seize centimètres de saillie, s'il s'en trouve, soit, dans le cas contraire, sur les objets ayant cette saillie. Dans le premier cas, lesdites enseignes pourront avoir l'épaisseur que les particuliers jugeront convenable, pourvu qu'elles n'excèdent pas seize centimètres de saillie, à partir du nu du mur. Dans l'autre cas, elles ne pourront être qu'en métal laminé, et devront être posées à plat sur les saillies auxquelles elles seront appliquées.

3° Les enseignes des coiffeurs et perruquiers formées de simulacres de plats à barbe seront tolérées sur les devantures, à la condition qu'elles seront constamment repliées et fixées contre lesdites devantures.

4° Les teinturiers-dégraisseurs pourront placer sur la devanture de leur boutique leurs enseignes composées de bandes de serge, à la condition que ces enseignes seront bien appliquées contre la devanture.

5° Les paillassons servant d'enseignes pour la vente des huîtres seront appliqués contre les murs. A défaut de murs nus, ils pourront être appliqués contre les devantures ou grilles de boutiques.

Ces objets sont exempts des droits de petite voirie et peuvent être posés sans permission.

6° Les inscriptions, soit en peinture, soit en relief, sur les frises ou lambrequins des marquises ou auvents sont tolérées et exemptes des droits de petite voirie.

7° Il est permis d'appliquer des enseignes en lettres découpées aux balustrades des balcons, pourvu que les lettres soient solidement attachées et qu'elles n'excèdent point la saillie de l'aire du balcon.

Ces enseignes sont exemptes des droits de petite voirie et peuvent être posées sans permission.

8° Les écriteaux indiquant les maisons, appartements, chambres, magasins et autres objets à vendre ou à louer, doivent être attachés et appliqués contre le mur, de manière à ne pas excéder la saillie fixée pour les enseignes.

9° Les écriteaux indicatifs d'appartements non meublés à louer, de maisons ou terrains à vendre, etc., sont exempts des droits de petite voirie et peuvent être posés sans permission.

10° Il est interdit aux marchands de vin, agents de remplacement militaire et autres de placer des drapeaux comme enseignes au-devant de leurs établissements.

Étalages. — 1° Sont expressément défendus tous étalages mobiles au-dessus du rez-de-chaussée, à l'exception des guirlandes d'étoffes désignées en l'article 14 de l'ordonnance royale du 24 décembre 1823.

2° Il est défendu de former des étalages mobiles sur des devantures de boutiques et autres objets de petite voirie placés au rez-de-chaussée quand même ils n'auraient point toute la saillie accordée par les règlements.

3° Il est défendu de former en saillie sur la voie publique aucun étalage de viande, gibier, volaille, poisson, et autres marchandises dont le contact pourrait salir les vêtements des passants.

Fenêtres ouvrant en dehors. — Les fenêtres ouvrant en dehors pourront être autorisées, lorsque des circonstances particulières rendront nécessaires des fenêtres ainsi disposées.

Garde-manger. — Il est défendu d'établir des garde-manger en saillie sur l'alignement.

Inscriptions des rues. — 1° Il est défendu de masquer par des objets de petite voirie les inscriptions indicatives des rues, ainsi que les emplacements destinés à en recevoir, sauf à obtenir une autorisation du préfet de la Seine.

2° Les propriétaires sont tenus de faire enlever toutes les saillies existantes qui masquent des inscriptions de rues ou des emplacements destinés à en recevoir, à moins d'une dispense du préfet de la Seine.

3° Le replacement de ces saillies sur d'autres points ne pourra avoir lieu sans une autorisation de la préfecture de police.

Jets de pompes. — Il est interdit d'établir des jets et balanciers de pompes en saillie sur la voie publique.

Lanternes. — 1° Il pourra être permis d'établir, pour l'éclairage des propriétés privées, des lanternes fixes ayant une saillie supérieure à la saillie maximum fixée par l'ordonnance royale du 24 décembre 1823, mais sous diverses conditions, et notamment à la charge de tenir éclairées, pendant toute la nuit, toutes les lanternes qu'il s'agira d'établir, ou seulement le nombre qui sera jugé convenable par l'administration.

2° Les lanternes ou transparents ne pourront rester en place pendant le jour, à moins qu'étant repliés contre le mur, ils n'excèdent point la saillie de 16 centimètres.

3° Si cette condition ne peut être remplie, ils ne seront mis en place qu'au moment de l'allumage et seront retirés aux heures où ils cesseront d'éclairer.

4° Les potences servant à les supporter devront constamment être repliées contre le mur pendant le jour.

5° Les lanternes et transparents devront toujours être élevés à 2 mètres 50 centimètres au moins au-dessus du sol.

6° Il pourra être établi des lanternes dites réflecteurs pour l'éclairage des devantures de boutiques.

7° Ces lanternes ne seront posées qu'au moment même de l'allumage, et seront retirées au moment de leur extinction.

8° Elles ne devront jamais être à moins de 2 mètres d'élévation au-dessus du pavé ou du dallage des trottoirs.

9° Il est interdit aux débitants de tabac de fixer à l'extérieur de leurs boutiques des petites lanternes destinées à fournir du feu aux fumeurs.

Marches. — La suppression des marches existant sur les trottoirs ne sera exigée que lorsque ces marches présenteront des inconvénients réels pour la circulation.

Moulures en forme de cadres. — 1° Il pourra être permis de poser des moulures en forme de cadres, destinées à entourer des inscriptions peintes sur les murs.

2° La saillie maximum de ces moulures est fixée à 6 centimètres.

3° Les moulures en forme de cadres sont assimilées, pour la perception des droits, aux tableaux servant d'enseignes.

Parements de décoration. — 1° La saillie maximum des parements de décoration est fixée à 6 centimètres.

2° Il ne pourra être établi de parements de décoration qu'au-devant des entre-sols, c'est-à-dire des locaux situés entre le rez-de-chaussée et le premier étage.

Pavillons de jalousie. — 1° Il pourra être établi des pavillons de jalousies formés d'une planche, dont chaque extrémité sera appliquée sur le mur. Ces pavillons ne devront avoir d'autre saillie que l'épaisseur de la planche.

2° Les pavillons de jalousies sont assimilés, pour la perception des droits, aux tableaux servant d'enseignes.

3° Les pavillons en forme de petit auvent sont prohibés.

Planches de repos. — Il est défendu à tous marchands de vin et autres d'établir en saillie sur la voie publique des planches de repos destinées à supporter les fardeaux des personnes qui entrent dans leurs établissements.

Socles. — 1° La saillie des socles ne devra, dans aucun cas, excéder de plus de 2 centimètres celle des devantures.

2° Il est dû un droit distinct pour les socles.

3° Les socles des devantures ne sont soumis qu'à un droit, bien qu'ils se prolongent au-devant d'une ou de plusieurs portes.

Tuyaux de descente. — Il ne sera pas perçu de droits :

1° Pour la réparation des tuyaux de descente déjà autorisés, lorsqu'elle ne s'étendra pas à la moitié au moins de leur longueur;

2° Pour le prolongement, quel qu'il soit, des tuyaux de descente déjà autorisés, dans le cas de surélévation des bâtiments dont ils dépendent.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Saillies dans les rues n'excédant pas 5 mètres de large

1° A l'avenir, dans les rues dont la largeur n'excèdera pas 5 mètres, il ne pourra être établi, à moins de 2 mètres au-dessus du pavé ou du dallage des trottoirs, aucunes saillies autres que celles dont la désignation suit :

Tuyaux de descente ou d'évier ;

Persiennes, contrevents ou fermetures de boutiques et croisées.

2° La saillie de ces objets ne pourra, dans aucun cas, excéder 11 centimètres.

3° Sauf l'exception établie ci-dessus, les règlements concernant les saillies seront appliqués sans distinction pour toutes les rues, quelle que soit leur largeur.

Prescription des droits. — A l'avenir, les objets de petite voirie posés depuis plus de deux années, à partir du jour où ils auront été signalés, ne donneront lieu à aucune poursuite pour le recouvrement des droits.

DÉCRET IMPÉRIAL PORTANT RÈGLEMENT SUR LA HAUTEUR DES MAISONS LES COMBLES ET LES LUCARNES DANS LA VILLE DE PARIS

Du 27 juillet 1859.

TITRE PREMIER

DE LA HAUTEUR DES BATIMENTS

SECTION PREMIÈRE. — *De la hauteur des façades des bâtiments bordant les voies publiques*

ART. 1er. La hauteur des façades des maisons bordant les voies publiques, dans la ville de Paris, est déterminée par la largeur légale de ces voies publiques.

Cette hauteur, mesurée du trottoir ou du pavé, au pied des façades des bâtiments, et prise, dans tous les cas, au milieu de ces façades, ne peut excéder, y compris les entablements, attiques et toutes les constructions à plomb du mur de face, savoir :

11 mètres 70 centimètres pour les voies publiques au-dessous de 7 mètres 80 de largeur ;

14 mètres 60 centimètres pour les voies publiques de 7 mètres 80 et au-dessus, jusqu'à 9 mètres 75 centimètres.

17 mètres 55 centimètres pour les voies publiques de 9 mètres 75 centimètres et au-dessus ;

Toutefois, dans les rues ou boulevards de 20 mètres et au-dessus, la hauteur des bâtiments peut être portée jusqu'à 20 mètres, mais à la charge par les constructeurs de ne faire, en aucun cas, au-dessus du rez-de-chaussée, plus de cinq étages carrés, entre-sol compris.

Art. 2. Les façades qui seront construites sur la voie publique, soit en retraite de l'alignement, soit à fruit, ou de toute autre manière, ne peuvent être élevées qu'à la hauteur déterminée pour les maisons construites à l'alignement.

Art. 3. Tout bâtiment situé à l'encoignure de deux voies publiques d'inégales largeurs peut, par exception, être élevé, du côté de la rue la plus étroite, jusqu'à la hauteur fixée pour la plus large.

Toutefois cette exception ne s'étendra, sur la voie la plus étroite, que jusqu'à concurrence de la profondeur du corps de bâtiment ayant face sur la voie la plus large, soit que ce corps de bâtiment soit simple ou double en profondeur.

Cette disposition exceptionnelle ne peut être invoquée que pour les bâtiments construits à l'alignement déterminé pour les deux voies publiques.

Art. 4. Pour les bâtiments autres que ceux dont il est parlé en l'article précédent, et qui occupent tout l'espace compris entre deux voies d'inégale largeur ou de niveau différent, chacune des deux façades ne peut dépasser la hauteur fixée en raison de la largeur ou du niveau de la voie publique sur laquelle chaque façade sera située.

Toutefois, lorsque la plus grande distance entre les deux façades n'excède pas 15 mètres, la façade bordant la voie publique la moins large ou du niveau le plus bas, peut, par exception, être élevée à la hauteur fixée pour la rue la plus large ou du niveau le plus élevé.

Section II. — *De la hauteur des bâtiments situés au dehors des voies publiques*

Art. 5. Les bâtiments situés en dehors des voies publiques, dans les cours et espaces intérieurs, ne peuvent excéder, sur aucune de leurs faces, la hauteur de 17 mètres 55 centimètres, mesurée du sol.

L'administration peut toutefois autoriser, par exception, des constructions plus élevées pour des besoins d'art, de science ou d'industrie.

Dans ces cas exceptionnels, elle fixe les dimensions, la forme et le mode de ces surélévations.

Section III. — *De la hauteur des étages*

Art. 6. Dans tous les bâtiments, de quelque nature qu'ils soient, il ne peut être exigé, en exécution de l'article 4 du décret du 26 mars 1852, une hauteur d'étage de plus de 2 mètres 60 centimètres.

Pour l'étage dans le comble, cette hauteur s'applique à la partie la plus élevée du rampant.

TITRE II

DES COMBLES

Section première. — *Des combles au-dessus des façades élevées au maximum de la hauteur légale*

Art. 7. Le faîtage du comble ne peut excéder une hauteur égale à la moitié de la profondeur du bâtiment, y compris les saillies et corniches.

Le profil du comble, sur la façade du côté de la voie publique, ne peut dépasser une ligne inclinée à 45 degrés, partant de l'extrémité de la corniche ou de l'entablement.

Art. 8. Sur les quais, boulevards, places publiques et dans les voies publiques de 15 mètres au moins de largeur, ainsi que dans les cours et espaces intérieurs en dehors de la voie publique, la ligne droite inclinée à 45 degrés dans le périmètre indiqué ci-dessus peut être remplacée par un quart de cercle dont le rayon ne peut excéder la hauteur fixée par l'article 7.

La saillie de l'entablement sera laissée en dehors du quart de cercle.

Art. 9. Les combles des bâtiments situés à l'angle d'une voie publique de 15 mètres au moins de largeur et d'une voie publique de moins de 15 mètres, peuvent, par exception, être établis sur cette dernière voie suivant le périmètre déterminé par l'article 8, mais seulement dans la même profondeur que celle fixée par l'article 3.

Art. 10. Dans les cas prévus par les trois articles précédents, les reliefs de chéneaux et membrons ne doivent pas excéder la ligne inclinée à 45 degrés partant de l'extrémité de l'entablement, ou le quart de cercle qui, dans le cas prévu par l'article 8, peut remplacer cette ligne.

Art. 11. Les murs de dossiers et les tuyaux de cheminées ne pourront percer la ligne rampante du comble qu'à 1 mètre 50 centimètres, mesurés horizontalement du parement extérieur du mur de face, ni s'élever à plus de 60 centimètres au-dessus du faîtage.

Art. 12. La face extérieure des lucarnes doit être placée en arrière du parement extérieur du mur de face donnant sur la voie publique et à une distance d'au moins 30 centimètres.

Elles ne peuvent s'élever, compris leur toiture, à plus de 3 mètres au-dessus de la base des combles.

Leur largeur ne peut excéder 1 mètre 50 centimètres hors œuvre.

Les joues de ces lucarnes doivent être parallèles entre elles.

Les intervalles auront au moins 1 mètre 50 centimètres, quelle que soit la largeur des lucarnes.

La saillie de leurs corniches, égouts compris, ne doit pas excéder 15 centimètres.

Il peut être établi un second rang de lucarnes en se renfermant dans le périmètre determiné par les articles 7 et 8.

SECTION II. — *Des combles au-dessus des façades élevées à une hauteur moindre que la hauteur légale*

Art. 13. Les combles au-dessus des façades qui ne seraient pas élevées au maximum de hauteur déterminé dans le titre 1er peuvent dépasser le périmètre fixé par l'article 7; mais ils ne doivent pas toutefois, ainsi que leurs chéneaux, membrons, lucarnes et murs de dossier, excéder le périmètre général des bâtiments, fixé, tant pour les façades que pour les combles, par les dispositions du titre 1er et de la première section du présent titre.

Art. 14. Les dispositions du présent titre sont applicables à tous les bâtiments placés ou non sur la voie publique.

TITRE III

DISPOSITIONS TRANSITOIRES

Art. 15. Les murs de face, les combles, les lucarnes dont l'élévation et la forme excèdent actuellement celles ci-dessus prescrites, ne peuvent être reconfortés ni reconstruits qu'à la charge de se conformer aux dispositions qui précèdent.

Toutefois, l'interdiction de reconforter les bâtiments situés en dehors des voies publiques, dans les cours et espaces intérieurs, ne sera appliquée à ces bâtiments qu'à l'expiration d'un délai de 20 ans, à partir de la promulgation du présent décret.

TITRE IV

DISPOSITIONS DIVERSES

Art. 16. Les dispositions du présent décret ne sont pas applicables aux édifices publics.

Art. 17. Les dispositions des règlements, ordonnances et autres actes qui seraient contraires au présent décret sont et demeurent rapportées.

INSTRUCTION CONCERNANT LA VOIE URBAINE

Du 31 mars 1862.

§ 1er. — Autorisation nécessaire pour bâtir. — Comment et par qui elle est donnée. — Réclamation en cas de refus ou de restrictions mises à son obtention. — Par qui elles sont jugées. — Réserve des droits des tiers. — Perception des droits de voirie.

Art. 1er. L'édit du mois de décembre 1607 est la loi constitutive et fondamentale de la petite voirie.

Art. 2. Or, par cet édit, Henri IV a défendu à tous ses sujets de construire, reconstruire ou réparer aucun édifice, mur ou clôture, sur ou joignant la voie publique, et d'établir aucun ouvrage en saillie sur la façade des maisons, sans en avoir demandé et obtenu la permission de l'autorité compétente.

Art. 3. Ces prohibitions, qui ne concernaient d'abord que les villes, ont été sanctionnées et étendues à tous les bourgs et villages par la loi des 16-24 août 1790, ainsi que par l'article 471 du Code pénal.

Art. 4. Elles sont obligatoires par elles-mêmes, sans qu'il soit besoin que les maires aient rappelé les citoyens à leur observation par des arrêtés spéciaux.

Art. 5. Elles conservent également toute leur autorité et toute leur force dans les communes qui ne sont pas encore pourvues de plans généraux ou partiels d'alignement.

Art. 6. Mais si l'emplacement sur lequel on veut bâtir ou si l'édifice que l'on désire réparer ne joint pas la voie publique actuelle, une autorisation n'est pas nécessaire, lors même que le terrain nu et celui que couvre la construction seraient destinés à être occupés, soit pour l'ouverture d'une voie publique nouvelle, soit pour le prolongement d'une voie publique ancienne. Tant qu'il n'a pas été exproprié pour de telles opérations, le détenteur ne doit éprouver aucune gêne dans l'exercice légal de son droit de propriété.

Art. 7. Il en est de même pour les bâtiments que l'ouverture d'une rue nouvelle a rendus riverains de cette rue et qui forment saillie sur son alignement. Les propriétaires n'en conservent pas moins tous les droits appartenant aux détenteurs de terrains qui ne joignent pas la voie publique actuelle; dès lors, ces bâtiments sont également affranchis de toutes les servitudes de voirie, tant que l'expropriation n'en a pas été prononcée.

Art. 8. Les riverains des rues ou passages qui ne sont pas encore classés au nombre des voies publiques communales ne sont pas tenus non plus de se pourvoir d'une autorisation pour y faire des constructions; les principes qui régissent la voirie urbaine ne sont pas, en effet, applicables aux communications de cette nature.

Art. 9. Dans tous les autres cas, une autorisation est exigée même pour les ouvrages qui paraissent peu importants ou sans influence sur la durée des constructions, tels que l'agrandissement d'une baie, la construction d'un balcon, l'attache de persiennes ou de jalousies à une fenêtre, l'établissement d'une enseigne, la dépose et repose d'une borne, l'application d'un badigeon, la plantation d'une haie, etc.

Art. 10. Toutefois, elle n'est pas indispensable pour de simples travaux d'entretien, tels que la réparation de la toiture d'une maison.

Art. 11. Les constructions en retraite sont soumises aux mêmes servitudes que les constructions en saillie, puisque les unes ne nuisent pas moins que les autres à l'embel-

lissement des rues, et que, en outre, elles sont préjudiciables au public sous le rapport de la propreté, de la salubrité et de la sûreté.

Art. 12. Ce serait d'ailleurs une erreur que de croire que les bâtiments situés sur l'alignement demeurent affranchis de ces servitudes, et que l'on peut se passer d'une autorisation pour y faire des travaux.

Art. 13. Enfin, lorsqu'un mur pignon, mis à découvert par la démolition d'une maison qui était en saillie, se trouve joindre la voie publique, qu'il soit de face ou latéral, il devient aussi soumis aux servitudes ordinaires de la voirie; on ne peut, en conséquence, ni le reconstruire ni le réparer sans autorisation.

Art. 14. L'obligation d'une autorisation suivant les formes administratives étant d'ordre public, un particulier ne pourrait y suppléer par un jugement de la juridiction civile qui, dans un intérêt privé, l'aurait condamné à élever, modifier ou réparer une construction sur ou joignant la voie publique.

Art. 15. Une autorisation est également nécessaire quand même l'exécution des travaux serait la conséquence d'un traité passé avec la commune, soit pour l'ouverture ou l'élargissement d'une rue, soit pour la réparation d'un dommage résultant d'un changement du niveau de la voie publique.

Art. 16. Les demandes en autorisation de bâtir ou de réparer sont signées par le propriétaire ou son fondé de pouvoirs. Elles doivent être libellées sur papier timbré.

Art. 17. Henri IV a compris, dans la généralité des termes de la prohibition faite par son édit, non-seulement les propriétaires riverains, mais encore tous les ouvriers et artisans sans le concours desquels la contravention qu'elle tend à prévenir ne pourrait être commise.

Art. 18. Un règlement municipal peut donc astreindre les maçons, charpentiers, etc., qui se chargent de l'entreprise des travaux, à en faire la déclaration à la mairie, surtout si le propriétaire ne leur représente pas une permission régulière.

Art. 19. L'autorisation doit être donnée par le maire ou son adjoint, et, en cas d'empêchement, par le conseiller municipal qui remplit provisoirement les fonctions de maire.

Celle qui, ne fût-elle que provisoire, émanerait du voyer de la commune ou de toute autre personne non investie du droit de la délivrer serait nulle et de nul effet.

Art. 20. Un propriétaire ne serait donc pas en règle parce que, après l'envoi de sa pétition, l'agent voyer communal serait venu tracer l'alignement sur lequel il lui aurait déclaré qu'il pouvait construire.

Art. 21. Le préfet ne pourrait lui-même, sans empiéter sur les attributions municipales, permettre de bâtir ou de conserver un ouvrage en saillie dans une rue dépendant de la petite voirie.

Art. 22. Les compétences étant d'ordre public, nul ne peut être admis à soutenir qu'il ignore les principes qui les régissent. Dès lors, le propriétaire qui aurait élevé des constructions sur une voie communale, en vertu d'une autorisation obtenue du préfet, ne pourrait, s'il était obligé de les démolir, intenter une action en indemnité contre l'administration.

Art. 23. Lorsque la maison qu'il s'agit d'édifier ou de réparer borde d'un côté une route et de l'autre une rue, l'autorisation délivrée par le préfet pour la partie située sur la grande voirie ne dispense pas le propriétaire d'en demander une seconde au maire pour la partie située sur la petite voirie.

Art. 24. Si le bâtiment est compris dans la zone des servitudes militaires, l'autorisation de l'officier du génie ne dispense pas non plus de celle du maire.

Art. 25. L'édit de 1607 veut que, après les ouvrages terminés, l'administration fasse vérifier si l'impétrant s'est exactement conformé à l'autorisation qu'il a reçue. Il est donc nécessaire que cette autorisation, qui constitue d'ailleurs un acte administratif destiné à produire des effets légaux, soit donnée par écrit, qu'elle ait une date certaine et qu'elle précède l'exécution des travaux.

Art. 26. En conséquence, une autorisation qui ne peut être représentée, telle qu'une autorisation verbale, n'a pas la moindre valeur; il est impossible, en effet, de constater s'il a été satisfait ou non à des prescriptions dont il n'existe aucune trace.

Art. 27. La forme des actes par lesquels les maires doivent délivrer les permissions de voirie n'a été indiquée par aucun règlement. Celle d'un arrêté étant la plus commode, convient de l'adopter.

Art. 28. Les arrêtés de cette nature n'ont pas besoin d'être soumis aux formalités exigées par l'article 11 de la loi du 18 juillet 1837 pour les arrêtés qui statuent d'une manière générale et permanente; ils sont immédiatement exécutoires.

Art. 29. La copie destinée à l'impétrant doit être expédiée sur papier timbré. Si le maire emploie à ce sujet des formules imprimées, il peut les faire viser pour timbre au bureau de l'enregistrement.

Art. 30. L'administration n'est pas tenue de notifier les permissions de voirie qu'elle délivre. Il suffit qu'elle les envoie à l'impétrant ou que celui-ci les retire à la mairie. La notification serait d'ailleurs superflue, puisque celui qui veut construire ou réparer ne peut le faire qu'après s'être pourvu de l'autorisation sans laquelle il doit s'abstenir, et dont, par conséquent, il ne peut prétexter cause d'ignorance.

Art. 31. L'autorisation crée, en faveur de celui qui l'a obtenue, un droit qu'il peut exercer tant qu'elle n'a pas été modifiée ou rapportée par l'autorité supérieure.

Art. 32. Toutefois, si, lorsque le maire n'a pas fixé le délai pendant lequel elle était valable, l'impétrant laisse passer une année entière sans en faire usage, elle se trouve périmée de plein droit, suivant la règle contenue à ce sujet dans les lettres patentes du 22 octobre 1733, spéciales à la ville de Paris, et que leur utilité générale rend applicables à toutes les communes.

Art. 33. Mais lorsque les travaux ont été entrepris avant que l'année fût révolue, ils peuvent être continués au delà de son expiration sans une autorisation nouvelle, pourvu qu'ils n'aient pas été interrompus et qu'aucune limite de temps n'ait été prescrite dans l'arrêté pour leur exécution.

Art. 34. Le maire n'a pas le droit d'imposer, comme condition de l'exécution du travail qui fait l'objet de la demande, l'obligation d'en faire un autre qui n'a pas de rapports avec le premier. Il ne pourrait, par exemple, autoriser la réparation de la toiture ou de la façade d'une maison, à la condition de supprimer des gouttières saillantes ou des portes s'ouvrant en dehors; de pareilles prescriptions doivent faire l'objet de mesures générales.

Art. 35. Si le maire répond par un refus, ou si les restrictions dont il accompagne l'autorisation qu'il délivre ne satisfont pas l'impétrant, celui-ci peut se pourvoir devant le préfet. Il s'adresserait à tort aux tribunaux pour faire décider que le refus n'est pas fondé ou que les conditions imposées sont illégales. Il lui est d'ailleurs expressément défendu de passer outre à l'exécution des travaux refusés.

Art. 36. Un tiers qui se croit lésé par l'autorisation donnée par le maire peut également se pourvoir devant le préfet.

Art. 37. Les réclamants peuvent même exercer leur recours devant le ministre de l'intérieur contre la décision du préfet; mais ils ne pourraient lui déférer directement l'arrêté du maire.

Art. 38. Aucun délai n'est imposé par les lois et règlements sur la matière pour la présentation des pourvois. L'arrêté municipal ou préfectoral peut donc être réformé à quelque époque que ce soit; mais tant qu'il subsiste il est obligatoire.

Art. 39. Le maire qui donne ou refuse une permission de voirie n'agit pas comme syndic de la communauté des habitants ou comme investi des seules fonctions propres au pouvoir municipal; il prend une mesure de police par délégation et sous la surveillance de l'autorité administrative.

Art. 40. Simple agent subordonné en cette matière à ses supérieurs dans l'ordre hiérarchique, il ne peut donc être admis à critiquer leurs actes ni, par conséquent, à se pourvoir personnellement contre l'arrêté du préfet.

Art. 41. Mais si cet arrêté paraît léser les intérêts de la commune, celle-ci peut, par l'organe du maire, en demander la réformation au ministre de l'intérieur.

Art. 42. La décision par laquelle le ministre de l'intérieur confirme ou infirme l'arrêté préfectoral est un acte administratif non susceptible de recours au conseil d'État par la voie contentieuse.

Art. 43. Les maires doivent statuer le plus promptement possible sur les demandes qui leur sont adressées; néanmoins, le retard qu'ils apporteraient à ce sujet n'autoriserait pas un propriétaire à commencer ses travaux avant d'en avoir reçu la permission, quand bien même il aurait mis le maire en demeure de lui répondre dans un délai déterminé, attendu qu'il n'a pas le droit d'imposer une pareille obligation pour s'affranchir de l'observation d'une règle d'ordre public et qu'il peut toujours recourir à l'autorité administrative supérieure pour faire rendre la décision qu'il sollicite.

Art. 44. Le propriétaire qui prétendrait avoir éprouvé un dommage, par suite du retard que l'administration aurait mis à répondre à sa demande, ne pourrait porter sa réclamation devant l'autorité judiciaire.

Art. 45. Les autorisations de l'espèce sont essentiellement restrictives de leur nature; elles interdisent donc virtuellement l'exécution de tous travaux qui ne s'y trouvent pas compris en termes précis et formels. Ainsi l'autorisation de gratter, blanchir et badigeonner n'emporte pas l'autorisation de récrépir.

Art. 46. Les maires ont d'ailleurs le droit de statuer sur tous les cas de petite voirie sans l'intervention du conseil municipal.

Art. 47. Leurs autorisations n'étant données que sous le rapport de la police et de la voirie, ne dispensent pas les impétrants de se conformer aux lois et règlements qui soumettent à des servitudes spéciales les propriétés situées sur le bord des fleuves et rivières, autour des places de guerre, près des cimetières, dans le voisinage des forêts et le long des chemins de fer.

Art. 48. Le maire n'a pas à se préoccuper de la question de savoir si le pétitionnaire est bien propriétaire du terrain sur lequel il se propose de bâtir; les permissions de voirie étant toujours données aux risques et périls de ceux qui les obtiennent et ne préjudiciant nullement aux droits des tiers.

Art. 49. Il ne devra donc pas surseoir à statuer sur la demande d'une autorisation jusqu'après le jugement par le tribunal compétent d'une contestation relative à la jouissance de ces droits.

Art. 50. Après avoir délivré la permission d'élever ou de réparer une construction su ou joignant la voie publique, le maire dresse l'état des droits de voirie dus par l'impétrant, conformément au tarif en vigueur dans la commune.

Art. 51. Cet état est remis au receveur municipal pour en opérer le recouvrement au profit de la commune dans les formes déterminées par l'article 63 de la loi du 18 juillet 1837.

Art. 52. Dès lors, si des poursuites sont nécessaires, l'état que le maire a arrêté doit être visé par le sous-préfet; cette formalité est exigée pour le rendre exécutoire.

Art. 53. Le conseil de préfecture est incompétent pour statuer sur les réclamations auxquelles la perception de ces droits peut donner lieu.

Art. 54. Ces réclamations sont jugées administrativement, c'est-à-dire par le préfet, sauf recours au ministre de l'intérieur.

Art. 55. Aucune distinction n'est d'ailleurs établie entre les bâtiments élevés par des particuliers et ceux affectés à des services publics, les droits sont dus aussi bien pour les uns que pour les autres.

Art. 56. Cependant, comme ces mêmes droits sont, en quelque sorte, la rémunération des frais qu'occasionne la délivrance des alignements, les maires ne sont pas autorisés à les réclamer pour des constructions élevées dans des rues ou passages qui sont restés des propriétés privées.

§ 2. — Ce qu'on entend par l'alignement. — Par qui et comment il est délivré. — Réclamations qu'il soulève. — Devant qui elles sont portées.

Art. 57. En donnant la permission d'élever une construction de long de la voie publique, le maire indique l'alignement à suivre.

Art. 58. L'alignement, qu'il ne faut pas confondre avec le bornage ou la délimitation du domaine public communal, est la ligne sur laquelle doivent être établies les façades des

constructions, de chaque côté des rues, places, etc., pour que ces voies obtiennent ou conservent la largeur et la direction que l'administration a jugé utile de leur assigner, en vue de la sûreté et de la facilité de la circulation, ainsi que de la salubrité publique et de l'embellissement des villes.

Art. 59. En conséquence, l'alignement peut être tracé en dedans comme en dehors de la ligne qui sépare la voie publique actuelle des propriétés riveraines. Il peut aussi se confondre avec cette ligne.

Art. 60. L'alignement intéressant particulièrement la sûreté et la commodité du passage, le pouvoir de le déterminer entre dans les attributions conférées exclusivement aux officiers municipaux, remplacés aujourd'hui par les maires, et implique l'obligation de veiller à ce qu'on n'entreprenne, sur ou joignant la voie publique, aucune construction qui n'aurait pas été préalablement autorisée.

Art. 61. L'exercice de ce pouvoir n'est nullement subordonné à l'existence de plans arrêtés par l'autorité compétente. En effet, lorsqu'elle assujettit les maires à délivrer les alignements d'après ces plans, la loi du 16 septembre 1807, loin de leur enlever le droit qu'ils tenaient de la législation antérieure, de statuer dans tous les cas, n'a fait que confirmer cette législation et lui donner une nouvelle force.

Art. 62. Un système contraire serait subversif de tout ordre, de toute amélioration dans l'intérieur des cités; il ne permettrait pas de faire jouir les habitants des avantages d'une bonne police, et serait une violation manifeste des règles établies tant par l'ancien que par le nouveau droit public.

Art. 63. Dès lors, quand il existe un plan d'alignement, le maire est tenu de s'y conformer exactement. S'il s'en écartait, il commettrait un excès de pouvoir et pourrait être passible de dommages-intérêts envers le propriétaire obligé de démolir des constructions qui se trouveraient irrégulièrement établies.

Art. 64. Mais, à défaut d'un plan dûment homologué, le maire fixe, comme il l'entend, les alignements partiels qui lui sont demandés, en conciliant, autant que faire se peut, l'intérêt public avec l'intérêt particulier, et en prenant pour base de ses actes un ensemble d'alignements raisonné.

Art. 65. Il peut donc obliger le riverain à placer sa nouvelle construction en arrière de l'ancienne. Il peut même lui donner la faculté de s'avancer sur la voie publique.

Art. 66. En effet, le droit de fixer l'alignement implique nécessairement le droit de satisfaire, en le traçant, à toutes les exigences de l'intérêt local, quelles qu'en soient les conséquences, autrement il ne serait qu'illusoire.

Art. 67. A quelque degré d'instruction que soit un plan d'alignement, tant qu'il n'a pas été approuvé par l'autorité compétente, il n'est qu'un simple projet que le maire, s'il lui trouve quelque imperfection, est libre de ne pas suivre en délivrant un alignement partiel.

Art. 68. Pour être valable, un alignement partiel n'a pas besoin de la sanction du conseil municipal; le maire n'est donc pas tenu de le lui soumettre.

Art. 69. Le droit de délivrer un alignement partiel donne également au maire celui de décider si, en l'absence d'un plan dûment homologué, une construction élevée sans autorisation se trouve mal plantée et doit être démolie.

Art. 70. Que l'alignement soit partiel ou qu'il procède d'un plan approuvé, le maire, en le délivrant, doit indiquer clairement les points de repère nécessaires pour établir convenablement le mur de face, et même prescrire à l'impétrant de se faire tracer sur place la direction de ce mur par l'agent-voyer communal. Cette dernière opération ne donne lieu d'ailleurs à aucune rétribution.

Art. 71. Une obligation de cette nature, lorsqu'elle est insérée dans l'arrêté, est considérée comme une des conditions substantielles de l'autorisation; en conséquence, le propriétaire qui n'y satisferait pas commettrait une contravention.

Art. 72. Afin d'assurer encore mieux l'exécution de l'alignement, le maire en fait faire le récolement par le même agent, lorsque les fondations ont atteint le niveau du rez-de-chaussée et que la première assise de retraite n'est pas encore posée.

Art. 73. Ce récolement que le propriétaire est tenu de provoquer, doit aussi être effectué sans frais.

Art. 74. L'agent qui y procède en dresse un procès-verbal. Une expédition en est remise au propriétaire, s'il en fait la demande, après avoir été visée par le maire.

Art. 75. Lorsqu'il s'agit de former une clôture en haie vive, celle-ci doit être établie à 50 centimètres en arrière de l'alignement, afin qu'en se développant elle n'anticipe pas sur la largeur assignée à la voie publique.

Art. 76. Le propriétaire qui veut bâtir le long d'un boulevard doit être prévenu que l'administration ne consentira à la suppression ou au déplacement d'aucun arbre pour faciliter l'accès d'une porte charretière, qu'autant que l'impossibilité de placer cette porte dans l'intervalle de deux arbres consécutifs lui serait démontrée.

Art. 77. Si la commune est une de celles où le décret sur la voirie de Paris a été rendu applicable, le pétitionnaire doit joindre à sa demande un plan et des coupes cotés de la construction qu'il projette, et se soumettre aux prescriptions qui lui seront faites dans l'intérêt de la sûreté publique et de la salubrité.

Art. 78. Le maire ne serait pas fondé à lui imposer un mode particulier de construction que l'un ou l'autre de ces deux intérêts ne réclamerait pas.

Art. 79. Il ne pourrait donc pas exiger que, dans des vues d'embellissement et de décoration, il construisit la façade de sa maison suivant une ordonnance d'architecture uniforme ou symétrique, à moins d'engagements pris à ce sujet envers l'administration communale lors de l'acquisition du terrain sur lequel il est question de bâtir.

Dans ce dernier cas, l'inexécution des engagements contractés ne constituerait pas une contravention de voirie et ne pourrait donner lieu qu'à une action civile.

Art. 80. Les arrêtés d'alignement sont des actes administratifs dont le mérite ne peut être apprécié que par l'administration elle-même ; les réclamations des tiers intéressés sont, en conséquence, jugées administrativement ; tout recours par la voie contentieuse ne serait pas recevable.

Art. 81. Le pouvoir de statuer sur ces réclamations a toujours été dévolu à l'autorité chargée de l'homologation des plans ; dès lors, il appartenait avant 1852 au chef de l'État. Le préfet en est investi depuis cette époque; mais comme ses décisions sont toujours susceptibles d'être déférées au ministre de l'intérieur, il en résulte que c'est maintenant ce dernier qui prononce définitivement.

Art. 82. Ce même pouvoir est juridictionnel ; le préfet ne pourrait donc pas le déléguer au sous-préfet.

Art. 83. La décision par laquelle le préfet annule ou maintient un arrêté municipal portant délivrance d'un alignement constitue un titre au profit du particulier qui l'a obtenue. Dès lors, elle ne peut être réformée que par l'autorité supérieure, c'est-à-dire par le ministre de l'intérieur.

Art. 84. Lorsqu'elle use de son droit de réformation après que l'arrêté d'alignement a produit tous ses effets, l'administration ne peut rendre cet arrêté comme non avenu et obliger le particulier qui l'a obtenu à démolir des constructions qu'il aurait élevées en s'y conformant.

Art. 85. Aussi, quand les travaux sont déjà commencés ou, à plus forte raison, lorsqu'ils ont été terminés sans que le propriétaire ait reçu l'invitation de les suspendre, ce n'est que sous la réserve d'une indemnité que le préfet peut faire à l'alignement une modification qui entraîne leur démolition totale ou partielle.

Art. 86. Si le règlement de cette indemnité ne peut avoir lieu à l'amiable, le montant en est fixé comme en matière d'expropriation pour cause d'utilité publique.

Art. 87. Lorsque l'alignement qui lui est donné résulte d'un plan dûment homologué, le particulier qui s'en trouverait lésé ne serait pas recevable à réclamer ; mais s'il prétendait que l'alignement n'est pas conforme au plan, il pourrait déférer, pour excès de pouvoir, l'arrêté du maire au conseil d'État, par la voie contentieuse.

Art. 88. En réglant l'alignement, l'administration ne préjuge aucunement les droits de propriété et de servitude existant sur le terrain où la construction doit être édifiée. Les contestations qui naissent à ce sujet sont de la compétence de l'autorité judiciaire.

Art. 89. Toutefois, lorsqu'un particulier a bâti d'après l'alignement qui lui a été donné par le maire, un tribunal ne peut lui prescrire, sur la réclamation d'un tiers, de démolir sa construction ou de la rétablir suivant un autre alignement. Il doit renvoyer le plaignant à se pourvoir devant le préfet contre l'arrêté municipal. Ce n'est qu'après la décision administrative qu'il peut statuer sur la demande en dommages-intérêts résultant de l'exécution des travaux.

Art. 90. Le propriétaire qui élève une construction doit, indépendamment de l'alignement, observer les prescriptions des règlements qui existent dans la commune, relativement à la hauteur des maisons, à la dimension des saillies, au mode de couverture des toits, etc.

Il est donc convenable que ces prescriptions soient rappelées dans la permission.

Art. 91. Les maires ne peuvent d'ailleurs procéder sur toutes ces matières que par la voie de règlements généraux, et de même qu'il ne leur est pas permis de dispenser, par des actes particuliers, certains individus de se conformer aux règlements de cette nature, ils ne peuvent exceptionnellement en soumettre d'autres à des prohibitions qui n'auraient pas été imposées à tous.

Art. 92. Un propriétaire ne pourra être admis à ne pas suivre l'alignement qui lui aurait été donné, sous le prétexte que la commune n'a pas les fonds nécessaires pour acquitter immédiatement le prix du terrain qu'il devait livrer à la voie publique ; l'administration ne doit laisser faire, sous aucun motif, une chose contraire aux règlements et à l'intérêt général.

Art. 93. Le maire qui, dans un intérêt de sûreté publique, prescrit de clore tous les terrains bordant les rues, a le droit d'exiger que toutes les clôtures soient établies sur l'alignement.

§ 3. — De la confection et de l'approbation des plans d'alignement.

Art. 94. Lorsque, à défaut d'un plan déjà arrêté, le maire est obligé de fixer lui-même l'alignement qui lui est demandé, il est souvent sollicité par des intérêts opposés qui rendent sa tâche difficile. En outre, des alignements partiels, quelque bien étudiés qu'ils soient, ne peuvent avoir ni l'uniformité ni la régularité que procure un système complet d'alignements coordonnés avec soin et embrassant tout un quartier ; il importe donc que chaque commune soit pourvue d'un plan général homologué par l'autorité compétente.

Art. 95. Les frais de confection de ces plans sont d'ailleurs une charge obligatoire pour les communes. En conséquence, si le conseil municipal refusait de voter le crédit nécessaire à leur payement, il devrait être inscrit d'office au budget.

Art. 96. Les maires doivent exiger que les géomètres auxquels ils s'adressent pour l'exécution de ce travail se conforment aux prescriptions suivantes :

1° Rapporter les plans à l'échelle de 5 millimètres pour 1 mètre et les tracer à l'encre de Chine sur du papier grand-aigle de 33 centimètres de hauteur ;

2° Indiquer les constructions par une teinte gris foncé, les fossés, cours et mares d'eau par une teinte vert clair, avec une flèche dirigée dans le sens de l'écoulement ; les haies vives par une teinte vert ombré ; les haies sèches par une ligne ponctuée à points allongés, d'une grosseur double de celle des traits ordinaires ;

3° Dans les parties non bordées de constructions, faire figurer de chaque côté de la voie publique. et sur une zone ayant la même largeur que cette voie, les bornes de délimitation, les arbres à haute tige et les accidents de terrain ;

4° Lorsque la rue présente un angle assez prononcé pour que le tracé ne puisse pas être contenu dans le papier, dessiner cet angle une seconde fois, avec ces mots : *partie répétée ci-contre ;*

5° Désigner chaque parcelle ou propriété par le numéro qu'elle porte au cadastre ou dans la rue et par le nom du propriétaire ;

6° Faire connaître, en outre, la nature, l'importance et l'état de chaque construction par les signes conventionnels suivants :

	(construction en bois),
P	(construction en pierre et moellons),
PT	(construction en pierre de taille).
° E	(maison n'ayant qu'un rez-de-chaussée),
¹ E	(maison à un étage),
² E, ³ E...	(maison à deux, à trois étages..),
S	(construction solide),
M	(construction médiocre),
V	(construction en état de vétusté);

7° Inscrire au commencement du plan, c'est-à-dire à la gauche de la feuille le nom de la commune, le nom et la longueur exacte de la voie, la date du plan et le certificat d'exactitude signé par le géomètre qui l'a levé;

8° Réserver au-dessous un espace libre pour recevoir les diverses mentions administratives;

9° Placer au bas l'échelle comprenant au moins 20 mètres;

10° Répéter le nom de la commune et celui de la voie publique sur le verso de la feuille, aux deux extrémités du plan.

Art. 97. Les plans doivent être fournis en double expédition, indépendamment de la minute, et envoyés roulés.

Celle-ci doit contenir de plus que les expéditions le tracé graphique et les cotes de toutes les opérations géométriques qui ont servi à lever le plan, ainsi que les longueurs des façades.

Art. 98. Le préfet a fixé pour la confection des plans d'alignement un tarif établi comme il suit :

	Levé.	Rapport.	Expédit.
Pour le plan, par 100 mètres de longueur.	12 fr. »	5 fr. »	3 fr. »
Pour l'intérieur des propriétés par 100 mètres superficiels:			
Terrains bâtis.	3 fr. 50	1 fr. 50	0 fr. 30
Terrains mixtes (cours et constructions).	2 fr. »	1 fr. »	0 fr. 20
Terrains vagues..	0 fr. 70	0 fr. 50	0 fr. 05

Art. 99. Dans les cas où les plans seraient inexacts ou n'auraient pas été dressés conformément à leurs prescriptions, les maires ne doivent pas les recevoir.

S'il s'élève quelques contestations à ce sujet, c'est au préfet à les juger, sauf le recours devant le ministre de l'intérieur.

Art. 100. Aussitôt que les plans leur sont remis, les maires étudient ou font étudier les projets d'alignement.

Ils ne doivent pas perdre de vue que le but que l'on se propose étant de pourvoir à la facilité de la circulation ainsi qu'à l'embellissement et à la régularité de la voie publique, il y a lieu de faire prévaloir les raisons d'intérêt général sur les considérations d'intérêt particulier, sans oublier toutefois les égards dus à la propriété privée.

Art. 101. Ils doivent généralement ne pas s'attacher à un parallélisme rigoureux; conserver, autant que possible, les constructions établies en vertu d'autorisations récentes, et celles qui, bien qu'en retraite, n'offrent pas de graves inconvénients ; prendre l'élargissement du côté où il cause le moins de dommage aux propriétés riveraines et où il peut être plus promptement réalisé; ménager les édifices publics ainsi que les monuments qui ont de l'intérêt sous le rapport de l'art ou de l'histoire; éviter de briser la façade d'un bâtiment; éviter également les alignements curvilignes et leur substituer des parties de polygones rectilignes, dont la forme se prête mieux aux constructions; si une voie forme la continuation d'une autre voie, chercher à faire coïncider leurs axes ou du moins à les rapprocher le plus possible; combiner enfin les alignements de manière à ce que leur exécution partielle ne puisse pas entraver la circulation, et, à cet effet, ne pas admettre d'alignement par avancement, lorsque les constructions opposées sont frappées d'un reculement considérable.

Art. 102. Avant de présenter un projet d'alignement à l'approbation du préfet, le maire le soumet au conseil municipal pour que celui-ci en délibère.

Art. 103. Les délibérations du conseil municipal, en cette matière, n'ont d'autre valeur que celle d'un avis. Il n'est pas indispensable que cet avis soit approbatif et le maire n'est pas tenu de s'y conformer.

Art. 104. Le maire fait parvenir à la préfecture par l'intermédiaire du sous-préfet, les projets d'alignement qu'il a adoptés.

Art. 105. Le projet relatif à chaque rue est tracé par des lignes et hachures au crayon sur l'une des expéditions du plan.

Il est accompagné d'un rapport destiné à en bien faire connaître toutes les dispositions.

Les points de repère y sont désignés par des lettres majuscules.

Le plan doit être visé par le maire.

Art. 106. Avant de faire subir à ces projets les épreuves de l'enquête voulue par les règlements, le préfet peut y introduire les changements et modifications qui lui paraissent nécessaires, nonobstant les observations du maire et du conseil municipal.

Art. 107. Après l'enquête, le préfet statue définitivement. Il a le droit d'arrêter des alignements autres que ceux présentés par l'autorité locale, lorsque ceux-ci ne lui semblent pas réunir toutes les conditions désirables.

Art. 108. Dès qu'un projet est approuvé, les alignements qu'il comporte sont indiqués sur la minute et sur les deux expéditions, tant par une large ligne noire que par des lettres et des cotes qui servent à les bien préciser.

On ajoute à la gauche du plan une légende qui en donne l'explication au moyen de points de repère fixes et faciles à trouver sur le terrain.

Art. 109. Le tracé des alignements est payé au géomètre qui en a été chargé, savoir :

Pour la minute, par 100 mètres de longueur.	1 fr. »
Pour l'expédition.	0 fr. 75
Pour la légende, par plan.	1 fr. »

Art. 110. Les besoins de la circulation étant essentiellement variables, le préfet peut modifier les alignements d'une rue déjà arrêtés soit par lui, soit par le pouvoir exécutif, lors même qu'ils auraient reçu un commencement d'exécution, et soumettre les propriétés riveraines nouvellement construites aux servitudes ordinaires de voirie.

Art. 111. Ce droit est inhérent à l'exercice de son autorité ; mais il ne doit en user qu'avec une grande réserve ; il convient donc que le maire ne fasse de propositions à ce sujet que lorsque l'intérêt public l'exige impérieusement.

Art. 112. Dans ce cas, il faut repasser par toutes les voies de l'instruction qui a précédé l'homologation du premier plan.

§ 4. — Conséquences de l'approbation des plans d'alignement.

Art. 113. L'approbation d'un plan d'alignement attribue à la petite voirie la jouissance immédiate des terrains libres qui doivent en faire partie, ainsi que le droit de jouir des terrains clos ou couverts de constructions lors de la démolition volontaire ou forcée, pour cause de vétusté, des murs et bâtiments qui s'opposent à ce que l'administration en prenne possession.

Art. 114. En attendant, tout l'emplacement que le plan affecte à l'élargissement de la voie publique est grevé de la servitude légale *non ædificandi*. Cette servitude, qui modifie le droit de propriété dans l'intérêt général et dont l'exercice est placé sous la surveillance et le contrôle de l'autorité municipale, a pour but de rendre plus prompt l'élargissement dont il s'agit, et de diminuer les dépenses qu'il doit entraîner pour la commune.

Art. 115. Aucune construction ne peut donc être élevée sans autorisation sur le terrain retranchable, lors même, si ce terrain est ouvert, qu'elle serait séparée de la voie publique actuelle par un espace plus ou moins considérable, ou que, si ce terrain se trouve fermé par un mur, elle serait établie derrière ce mur, et, par conséquent, dans l'intérieur d'une propriété close.

Art. 116. Une autre conséquence de la même attribution est de donner au maire le droit d'empêcher qu'on ne prolonge par des réparations confortatives la durée des constructions situées en retraite ou en saillie.

Art. 117. La défense de construire ou de réparer sans l'assentiment du maire est absolue; il importerait donc peu qu'on ne touchât pas au mur de face ou de clôture ou que les travaux n'eussent pas pour résultat de prolonger la durée de ce mur.

Art. 118. Ces prohibitions ne constituent nullement une expropriation; le propriétaire conserve la jouissance de sa chose, seulement il est obligé de la laisser dans l'état où elle se trouvait lors de l'approbation du plan d'alignement.

Art. 119. Il résulte de ce qui précède que, dès que la démolition d'un bâtiment en retraite ou en saillie est opérée, le propriétaire ne peut élever une nouvelle construction qu'en se conformant à l'alignement, et qu'il n'est pas nécessaire de remplir, à l'égard du terrain dont il est dépossédé, les formalités auxquelles est soumise l'expropriation pour cause d'utilité publique.

Art. 120. Ce n'est d'ailleurs qu'après la démolition et l'enlèvement de tous matériaux et décombres qu'il peut exiger le prix de ce terrain.

Art. 121. Les plans d'alignement servent encore à reconnaître et à spécifier les rues, places, etc., dont se composait le domaine public communal au moment de leur confection.

Art. 122. Dès lors, si une rue était livrée à la circulation quand le plan d'alignement en a été dressé, l'arrêté qui approuve ce plan a pour effet d'attribuer virtuellement le sol de la rue à la petite voirie, bien que la propriété en soit contestée à la commune. Le droit des riverains qui s'en prétendent propriétaires se résout en une indemnité.

Art. 123. Contrairement à ce qui a lieu pour les terrains privés qui, lorsqu'ils sont ouverts, se trouvent incorporés immédiatement à la voie publique par suite de l'approbation du plan d'alignement, cette approbation n'enlève au terrain communal qui doit être réuni à la propriété riveraine son caractère de voie publique que lorsque le plan a reçu son exécution. Une construction contiguë à ce même terrain ne cesse pas, en attendant, d'être soumise à toutes les servitudes de voirie.

Art. 124. Les plans d'alignement une fois arrêtés sont obligatoires pour toutes les propriétés riveraines de la voie publique. L'administration, devant être la première à donner l'exemple de la soumission à la loi générale, ne serait pas fondée à prétendre que des bâtiments servant à des services publics sont hors du droit commun.

§ 5. — Des effets de la délivrance de l'alignement. — Acquisitions et cessions de terrains.

Art. 125. L'arrêté qui donne un alignement par suite duquel on est obligé de reculer des constructions et de délaisser du terrain a pour effet de réunir de plein droit ce terrain à la voie publique ; le propriétaire ne peut réclamer autre chose qu'une indemnité.

Art. 126. En conséquence, dès l'instant que les constructions sont démolies, le terrain destiné à l'élargissement de la voie publique s'y trouve incorporé aussi complétement que s'il en eût toujours fait partie. L'impétrant n'a donc pas le droit d'en conserver la jouissance et d'y faire entreprises, lors même que la commune ne lui en aurait pas encore payé le prix.

Art. 127. Cependant, il peut valablement, dans ce dernier cas, concéder sur ce même terrain une hypothèque s'appliquant à l'indemnité qui lui est due.

Art. 128. L'impétrant ne serait pas non plus fondé à réclamer l'usage des caves qui existeraient sous le terrain délaissé, attendu que la propriété du sol emporte nécessairement la propriété du dessous.

Art. 129. S'il renonce à l'indemnité à laquelle il a droit à raison de la cession de ce terrain, le maire lui demande d'en faire la déclaration par écrit, afin que la commune soit mise à l'abri de toute réclamation ultérieure.

Art. 130. S'il tient, au contraire, à en être payé, le règlement du prix a lieu autant que possible à l'amiable.

ART. 131. A cet effet, le maire fait dresser par l'agent voyer communal le métré et l'estimation de ce même terrain.

ART. 132. L'estimation ne doit comprendre que la valeur vénale. Dès lors, l'impétrant ne pourrait pas exiger qu'on lui tînt compte de la dépréciation que le retranchement aurait pu causer au surplus de l'immeuble.

ART. 133. Si l'estimation lui paraît bien établie, et si l'impétrant y donne son adhésion, le maire la présente à l'homologation du conseil municipal.

ART. 134. L'acquisition du terrain étant obligatoire pour la commune, le conseil municipal n'a besoin de se prononcer que sur le prix.

ART. 135. S'il accepte l'estimation, la délibération par laquelle il exprime son avis est soumise à l'appréciation du préfet par l'intermédiaire du sous-préfet.

ART. 136. Lorsque la somme à payer n'excède pas 500 francs, le conseil municipal doit déclarer, dans la même délibération, si, à raison de la position du vendeur, il dispense le maire de remplir, avant le payement du prix, les formalités de purge des hypothèques.

ART. 137. Dès que la délibération est approuvée par le préfet, la commune se rend propriétaire du terrain au moyen d'un acte de cession.

ART. 138. Aucune disposition législative ou réglementaire n'ayant rendu indispensable le ministère d'un notaire pour valider les acquisitions faites par les communes, le maire peut se contenter d'un acte sous signature privée, passé dans la forme des actes administratifs, et dont une minute reste déposée aux archives de la mairie. Ce dernier mode, qui n'entraîne aucun frais, doit être préféré à un contrat notarié, surtout lorsque la parcelle de terrain est minime et que les droits du vendeur sont nettement établis.

ART. 139. Dans tous les cas, l'acte n'a pas besoin d'être soumis à l'homologation de l'administration supérieure, si le préfet n'a fait aucune réserve à cet effet en renvoyant la délibération du conseil municipal revêtue de son approbation.

ART. 140. L'acte, qu'il soit administratif ou notarié, doit être visé pour timbre et enregistré gratis, l'acquisition ayant lieu pour cause d'utilité publique.

ART. 141. Si le prix dépasse 500 francs, ou si, lorsqu'il n'excède pas cette somme, le maire n'a pas été autorisé à s'abstenir de la purge des hypothèques, cette purge doit avoir lieu dans les formes prescrites en matière d'expropriation. En conséquence, il suffit, avant d'envoyer l'acte à la transcription, qu'un extrait en soit publié à son de caisse dans la commune, affiché, tant à la porte principale de l'église qu'à celle de la mairie, et inséré dans un journal qui reçoit les annonces judiciaires et légales.

ART. 142. La commune ne jouit pas, comme l'État et le département, de l'avantage de ne payer aucun salaire pour la transcription.

ART. 143. Elle ne peut non plus s'opposer à ce qu'il soit pris une inscription d'office, quand bien même le vendeur aurait déclaré en dispenser le conservateur des hypothèques. Une pareille dispense ne peut avoir d'effet que pour les acquisitions faites au nom de l'État.

ART. 144. A moins de stipulations contraires, les intérêts courent de plein droit à partir du jour où le terrain a été livré de fait à la voie publique.

La commune doit donc chercher à se libérer le plus promptement possible.

ART. 145. Tout ce qui précède est également applicable au cas où le propriétaire, dont les constructions auraient pu durer encore longtemps, consent à prendre immédiatement alignement, moyennant une indemnité.

ART. 146. Si, lorsque la démolition a été volontaire et spontanée, le propriétaire et la commune n'ont pu tomber d'accord sur le prix du terrain, le règlement en est demandé au jury.

ART. 147. Le maire joint alors à la délibération du conseil municipal le métré dudit terrain, accepté par le propriétaire, et la déclaration par laquelle ce dernier consent à la cession sans l'accomplissement des formalités exigées par le titre II de la loi sur l'expropriation pour cause d'utilité publique.

ART. 148. La déclaration ne paraît même pas absolument nécessaire, puisque le consentement résulte implicitement de la reprise volontaire de l'alignement.

Art. 149. Muni de ces pièces, le préfet provoque du tribunal un jugement donnant acte à la commune du consentement à la cession.

Art. 150. Ce jugement, qui équivaut à un contrat d'acquisition, est soumis aux formalités de publication et de transcription rappelées ci-dessus (n° 41), puis on procède conformément aux dispositions du titre IV de la loi du 3 mai 1841.

Art. 151. Les règles relatives à la fixation, soit à l'amiable, soit par le jury, du prix des portions de terrain que l'alignement retranche des propriétés riveraines doivent être également observées, lorsqu'il ajoute, au contraire, à ces propriétés des portions de terrains qui appartiennent à la voie publique.

Art. 152. Les terrains laissés par les riverains, en dehors de la clôture de leurs propriétés, le long d'une rue, d'une place, etc., sont présumés, jusqu'à preuve contraire, dépendre de la voie publique. Dès lors, la commune est fondée à exiger le payement lorsqu'ils sont repris par suite d'alignement.

Art. 153. Si les droits de la commune sur le terrain à réunir à la propriété riveraine ne sont pas contestés, et qu'il y ait accord sur le prix, la cession est réalisée par un acte passé devant notaire ou sous signature privée, au choix de l'acquéreur.

Art. 154. En cas de désaccord, un jugement donne acte au riverain du consentement de la commune à la cession, et le jury est appelé à fixer le montant de l'indemnité.

Art. 155. Indépendamment des frais de l'acte, l'acquéreur acquitte les droits d'enregistrement. Ces droits sont les mêmes que pour une mutation ordinaire de propriété.

Art. 156. Le prix du terrain cédé par la commune est payé entre les mains du receveur municipal et porté dans son compte au produit des ventes de meubles et d'immeubles.

Art. 157. A moins que l'acquéreur ne juge convenable d'accomplir les formalités hypothécaires, ce prix est acquitté immédiatement après la décision du jury, ou au moment de la vente, si elle a lieu à l'amiable. Dans ce dernier cas, le receveur intervient au contrat et donne quittance.

Art. 158. L'acte par lequel une commune a cédé à un particulier une parcelle de terrain retranchée de la voie publique, bien que passé dans la forme administrative, est un contrat de droit commun dont l'interprétation et l'application sont du ressort de l'autorité judiciaire.

Art. 159. Lorsqu'il s'agit de partager entre deux ou plusieurs riverains une portion de terrain à réunir à leurs propriétés, les lignes qui doivent diviser ce terrain sont, autant que possible, des perpendiculaires abaissées sur l'axe de la rue ou de la place, afin que les nouvelles constructions se présentent d'équerre sur la voie publique.

Art. 160. La solution des contestations auxquelles donne lieu le mode de partage appartient à l'autorité administrative, à moins que ces contestations ne naissent de prétentions relatives à des droits respectifs de servitude, de vue ou d'accès ; dans ce dernier cas, les tribunaux civils sont seuls compétents pour les juger.

§ 6. — De la réparation des bâtiments non alignés.

Art. 161. L'obligation imposée aux riverains des rues, places, etc., de ne rien entreprendre sans permission, sur ou joignant la voie publique, a pour but de donner au maire les moyens de s'assurer si les travaux projetés sont susceptibles de nuire à la liberté du passage ou de retarder l'exécution des plans d'alignement.

Art. 162. L'autorité administrative est seule compétente pour décider s'ils peuvent avoir ou non ces résultats, et en général pour apprécier les circonstances qui doivent déterminer à accorder ou à refuser la permission.

Art. 163. Les décisions par lesquelles l'administration déclare que des travaux sont confortatifs ne constituent que des actes administratifs, et ne sauraient être déférées au conseil d'État par la voie contentieuse.

Art. 164. Un maire ne peut permettre que ce qu'il n'était pas défendu aux anciens officiers de la petite voirie d'autoriser. Dès lors, il excède ses pouvoirs en consentant à ce qu'il soit fait aux constructions situées en saillie quelques ouvrages de nature à les con-

forter, conserver ou soutenir. Son devoir est, au contraire, de s'opposer à leur exécution.

Art. 165. Bien que les constructions en retraite soient également contraires à la régularité de l'alignement, le maire ne doit pas exercer la même rigueur à leur égard, puisque l'administration a toujours les moyens de faire disparaître les enfoncements qui nuisent à la salubrité ou à la sûreté publique. En effet, si le terrain appartient au riverain, elle peut, par mesure de police, contraindre ce dernier à le clore, et, s'il dépend de la voie publique, elle a le droit d'obliger le riverain à l'acquérir pour le réunir à sa propriété, sous peine d'être dépossédé lui-même de l'ensemble de son immeuble.

Art. 166. Il n'est pas possible de préciser *à priori* les travaux qui peuvent être permis et ceux qui doivent être interdits. Tout dépend de l'état des constructions qu'il s'agit de restaurer ou d'augmenter, du genre d'opérations à exécuter, de la nature des matériaux à employer, etc. Les travaux qui paraissent de peu de conséquence, tels qu'un simple crépissage et même un badigeon, peuvent avoir pour résultat, sinon de conforter, du moins de conserver ; d'ailleurs, ils servent souvent à dissimuler des ouvrages plus importants.

Art. 167. Il est généralement reçu qu'il n'y a pas d'inconvénients à laisser réparer les parties supérieures d'un bâtimeut, pourvu qu'on ne touche pas aux fondations ni au rez-de-chaussée : mais il ne peut y avoir de règles absolues à ce sujet, attendu que, même sans consolider la base d'un édifice, on peut, au moyen de certaines dispositions habilement exécutées, augmenter la durée de l'ensemble de la construction.

Art. 168. De même, on admet qu'il y a lieu de permettre l'ouverture ou l'agrandissement de baies dans toutes les parties de la façade, ces opérations, loin d'ajouter à la solidité des murs, tendant, au contraire, à la diminuer ; mais, dans ce cas, il ne faut pas que les ouvertures soient soutenues par de fortes pièces de décharge, que les nouveaux supports et points d'appui offrent une résistance plus grande que ceux qu'ils remplacent, et que les raccordements soient exécutés de manière à fortifier les anciennes maçonneries.

Art. 169. On convient également que rien ne doit s'opposer à ce qu'un bâtiment en saillie soit exhaussé, pourvu qu'on ne commence pas par le consolider, puisque la surcharge accélère ordinairement la ruine des parties inférieures, et avance, en conséquence, le moment où tout l'édifice devra être reconstruit. Cependant, comme l'exhaussement constitue par lui-même un nouvel œuvre, qu'il ajoute à la valeur de l'immeuble, et peut dès lors retarder indirectement la reprise de l'alignement ; qu'en outre, en cas d'expropriation, il expose la commune à une plus forte indemnité, le maire est fondé à en refuser l'exécution.

Art. 170. La permission de remplacer des pierres cassées ou écornées accidentellement ou par malveillance à l'étage inférieur d'une maison sujette à reculement ne pourrait non plus être accordée, quelle que fût la cause de la dégradation, puisque le remplacement constituerait une véritable consolidation.

Art. 171. En général, le maire a le droit d'interdire l'exécution de tous les ouvrages qui auraient pour effet, soit de retarder la reprise d'alignement, soit d'augmenter la dépense qu'elle doit occasionner pour la commune.

Art. 172. Il peut donc défendre de faire, sans son autorisation, toutes réparations, tant intérieures qu'extérieures, de quelque nature et quelque légères qu'elles soient.

Art. 173. Il peut même s'opposer au dérasement d'un mur, rien n'étant plus propre à prolonger sa durée que d'en diminuer la hauteur et le poids, et à maintenir ainsi sa conservation au delà du terme probable de son existence.

Art. 174. Cependant, comme le libre usage de la propriété est le principe général, et la servitude l'exception, s'il est démontré que l'intérêt public ne serait nullement compromis par l'exécution des travaux demandés, le maire, en refusant de les autoriser, méconnaîtrait les principes d'équité dont l'administration ne doit jamais s'écarter, et qui, à défaut de droit écrit, doivent toujours faire la base de ses actes.

Art. 175. Il ne pourrait donc pas, quand un propriétaire ne se trouve plus clos du côté de la voie publique, par suite de retranchements opérés sur une partie de son immeuble, lui refuser d'établir une nouvelle clôture, sauf à tenir la main à ce que celle-ci ne soit pas construite de manière à prolonger la durée des bâtiments restés debout.

Art. 176. Lorsque, usant de son droit d'appréciation, le maire ne voit pas d'inconvé-

nients à accueillir la demande qui lui est faite, moyennant certaines restrictions qu'il impose, il doit veiller à ce que l'impétrant se renferme exactement dans les limites de la permission.

Art. 177. Son pouvoir va jusqu'à enjoindre à un propriétaire de laisser le commissaire de police et les gens de l'art qui l'accompagnent s'introduire dans la maison, afin de vérifier s'il n'a pas été fait intérieurement et dans la partie retranchable des travaux qui n'auraient pas été autorisés.

Art. 178. Mais lorsque la construction se trouve située sur l'alignement résultant d'un plan régulièrement approuvé, ou, à défaut de plan, sur un alignement que le maire juge convenable de maintenir, rien n'empêche d'autoriser le propriétaire à y faire toutes réparations et additions, pourvu qu'il se conforme, s'il établit des ouvrages en saillie, aux prescriptions réglementaires concernant leurs dimensions, leur élévation au-dessus du sol, etc.

Art. 179. Toutefois, s'il s'agit de surélever un bâtiment, et si un arrêté municipal a limité la hauteur des constructions, l'exhaussement ne peut être exécuté que dans les conditions de ce règlement.

§ 7. — De la poursuite et de la répression des contraventions.

Art. 180. L'action pour la répression des contraventions en matière de voirie urbaine ne s'exerce, comme pour toutes les autres contraventions de police, que par le ministère public.

Art. 181. Néanmoins, les particuliers qui croient avoir à se plaindre de ces contraventions ont le droit de réclamer directement devant la juridiction répressive la réparation du dommage qu'ils peuvent en éprouver.

Art. 182. Ils ont aussi qualité pour joindre accessoirement leur demande à l'action publique, mais alors il faut qu'ils justifient d'un intérêt suffisant ou d'un préjudice direct.

Art. 183. La répression de ces mêmes contraventions est dévolue aux tribunaux de simple police.

Art. 184. Les agents chargés de les constater sont les maires et leurs adjoints, les commissaires de police et les gendarmes.

Art. 185. Ils dressent à cet effet des procès-verbaux qui font foi en justice jusqu'à preuve contraire, et qui dès lors ne peuvent être contredits par de simples allégations des prévenus.

Art. 186. Cependant, la force probante accordée par la loi à ces procès-verbaux ne s'applique qu'aux faits matériels que l'agent a constatés lui-même; le tribunal peut donc refuser d'ajouter foi à un procès-verbal qui n'est dressé que sur l'allégation d'un tiers.

Art. 187. Les agents de police, tels que les sergents de ville et appariteurs, n'ont pas qualité pour verbaliser en cette matière; ils ne peuvent faire que de simples rapports, qui, pour faire foi en justice, doivent être corroborés par des dépositions de témoins.

Art. 188. Il en est de même des agents voyers des chemins vicinaux, ainsi que des gardes champêtres.

Art. 189. Un procès-verbal doit être clair et précis. Il faut qu'il soit daté et signé, qu'il énonce les nom, prénoms et qualités de l'agent qui le dresse, le lieu où il est rédigé, les noms, prénoms et domiciles, tant du propriétaire que de l'entrepreneur qui a dirigé les travaux; les circonstances du fait constitutif de la contravention, et tous les renseignements qui peuvent servir à la manifestation de la vérité.

Art. 190. Aucun mot ne doit y être surchargé ou gratté; il ne faut y laisser aucun blanc, et ne rien écrire hors ligne ou en interligne. Les ratures doivent être approuvées et les renvois signés ou au moins paraphés.

Art. 191. Les procès-verbaux de l'espèce peuvent être dressés tous les jours, sans exception des fêtes et dimanches.

Art. 192. Il n'est pas indispensable, pour leur validité, que les maires, adjoints ou commissaires de police soient revêtus de leur costume ou ceints de leur écharpe au moment où ils les rédigent.

Art. 193. Il n'est pas non plus nécessaire que les procès-verbaux soient écrits de la main même du fonctionnaire qui les dresse; ainsi le maire peut employer, soit le secrétaire de la mairie, soit toute autre personne pour les écrire sous sa dictée.

Art. 194. Ces procès-verbaux peuvent toujours être rédigés sur papier libre. Ils n'ont d'ailleurs pas besoin d'être affirmés pour faire foi en justice.

Art. 195. Les mêmes actes sont enregistrés en débet dans les quatre jours par le receveur du bureau le plus voisin, qui les vise en même temps pour valoir timbre. Les droits sont recouvrés plus tard sur les parties condamnées.

Art. 196. Toutefois, le défaut, tant du visa pour timbre que de l'enregistrement, n'entraînerait pas la nullité du procès-verbal; le juge devrait, ou surseoir jusqu'à ce que ces formalités eussent été remplies, ou statuer quand même.

Art. 197. Dans tous les cas, la répression des contraventions n'étant point subordonnée à la validité des procès-verbaux qui les constatent, le prévenu ne peut être renvoyé des fins de la plainte quand le fait dont il s'est rendu coupable se trouve établi par des témoins ou par son propre aveu.

Art. 198. Les témoins doivent être entendus à l'audience et prêter serment; il n'appartiendrait donc pas au juge d'admettre, comme preuves contraires des faits énoncés dans un procès-verbal régulier, des renseignements pris en dehors de l'audience, et d'entendre même le maire ou des membres du conseil municipal dans leurs explications sans prestation de serment.

Art. 199. Les procès-verbaux doivent être adressés en minute, immédiatement après leur enregistrement, au commissaire de police qui remplit près du tribunal les fonctions du ministère public.

Art. 200. Les maires ne peuvent se permettre, ni de ne pas donner suite aux procès-verbaux, ni de transiger avec les contrevenants, sans encourir la peine portée par l'article 131 du Code pénal.

Art. 201. Le tribunal ne peut être saisi que par une citation donnée par huissier à la requête du commissaire de police représentant le ministère public, ou de la partie qui réclame.

Art. 202. La citation ne serait pas nulle parce que l'huissier qui l'aurait signifiée ne serait pas celui de la justice de paix.

Art. 203. La loi n'ayant déterminé aucune forme particulière pour ces sortes de citations, il n'est pas nécessaire, à peine de nullité, qu'elles soient motivées.

Art. 204. Elles sont suffisamment libellées lorsqu'elles portent assignation à comparaître à tel jour et à telle heure pour avoir contrevenu à telle loi ou tel règlement.

Art. 205. Les jugements doivent être rendus en audience publique et le constater, à peine de nullité.

Art. 206. Est également nul le jugement qui ne constate pas que le ministère public a été entendu.

Art. 207. Le juge doit aussi, à peine de nullité, motiver son jugement et y insérer les termes de la loi pénale qu'il applique, ainsi que du règlement auquel il a été contrevenu.

Art. 208. Les peines infligées par la loi aux contrevenants en matière de voirie urbaine sont l'amende, et, en cas de récidive, la prison.

L'amende ne peut s'élever au-dessus de 5 francs, et l'emprisonnement ne peut être de plus de trois jours.

Art. 209. Les jugements ne peuvent être attaqués par la voie de l'appel que lorsqu'ils prononcent un emprisonnement, ou que l'amende et les réparations civiles s'élèvent ensemble à plus de 5 francs, outre les dépens. Un jugement qui ne prononce qu'une amende, et, à plus forte raison, celui qui renvoie le prévenu, est, en conséquence, rendu en dernier ressort.

Art. 210. Celui qui prononce la démolition des travaux indûment exécutés est, au contraire, susceptible d'appel, puisque, dans ce dernier cas, la valeur de la réparation civile est indéterminée, et que, jointe au montant de l'amende, elle s'élève nécessairement à plus de 5 francs.

Art. 211. L'appel est suspensif. Il doit être porté au tribunal de police correctionnelle dans les dix jours de la signification de la sentence à personne ou à domicile.

Art. 212. Le ministère public n'est jamais recevable à appeler d'un jugement de simple police; cette faculté est exclusivement réservée à la partie condamnée. Il en résulte que la peine prononcée en première instance ne peut être aggravée devant la juridiction correctionnelle.

Art. 213. Mais le ministère public peut se pourvoir en cassation contre un jugement de police en dernier ressort, ou contre un jugement du tribunal correctionnel rendu sur l'appel d'un jugement de police. Le maire ne serait compétent à ce sujet que s'il était partie au jugement.

Art. 214. Le délai pour se pourvoir est de trois jours francs, et court de la prononciation du jugement, sans qu'il soit besoin d'une signification. Les trois jours expirés, le jugement acquiert l'autorité de la chose jugée, et n'est susceptible que d'un pourvoi dans l'intérêt de la loi, c'est-à-dire pour le respect des principes.

Art. 215. Dans ce cas, le commissaire de police qui remplit les fonctions de ministère public n'a pas qualité pour l'exercer. Ce droit n'appartient qu'au procureur général près la Cour de cassation.

Art. 216. Le juge ne peut prononcer d'autres peines que celles portées aux articles 471 et 474 du Code pénal, lors même que l'arrêté du maire auquel il a été contrevenu en aurait établi de plus fortes, attendu qu'il n'appartient pas au pouvoir municipal d'en créer arbitrairement dans les matières sur lesquelles il est autorisé à agir par voie de règlement.

Art. 217. Si, devant le tribunal, le ministère public abandonnait les poursuites, ce ne serait pas une raison pour le juge de se dessaisir de l'action et de renvoyer, uniquement pour ce motif, le prévenu des fins de la plainte.

Art. 218. Lorsqu'un particulier a, sans autorisation écrite et préalable du maire, élevé ou réparé une construction quelconque sur ou joignant la voie publique, que le fait est constaté par un procès-verbal régulier et non débattu par la preuve contraire, le délinquant ne peut être acquitté sous le seul prétexte que la contravention n'est pas suffisamment prouvée.

Art. 219. Ni sous le prétexte qu'aucun règlement municipal n'a prescrit la nécessité d'une autorisation pour de telles entreprises, ou du moins que le prévenu n'a pas été mis en demeure de s'y conformer.

Art. 220. Ni sous le prétexte qu'il s'est engagé devant le tribunal à solliciter la permission dont il aurait dû se pourvoir avant de commencer les travaux, ou qu'il l'a obtenue après leur exécution.

Art. 221. Ni sous le prétexte que des témoins entendus à l'audience ont attesté qu'elle avait été donnée verbalement par le maire.

Art. 222. Ni sous le prétexte que, depuis l'introduction de l'instance, la permission verbale a été ratifiée par écrit, ou que le maire a certifié qu'il l'avait réellement donnée.

Art. 223. Ni sous le prétexte que, tant que la commune n'a pas de plans d'alignement, les riverains des rues, places, etc., peuvent faire sur leurs propriétés tous les travaux qui leur conviennent, pourvu qu'ils n'empiètent pas sur la voie publique.

Art. 224. Ni sous le prétexte que le maire n'a adressé aucune injonction au contrevenant, ou que celui-ci a suspendu ses travaux dès qu'il en a reçu l'ordre.

Art. 225. Ni sous le prétexte que le bâtiment élevé sans permission est sur l'alignement que le maire aurait donné s'il lui eût été démandé, ou que la construction indûment réparée se trouve aussi sur l'alignement.

Art. 226. Ni sous le prétexte que, en opérant à son habitation l'exhaussement qui donne lieu à la poursuite dirigée contre lui, le prévenu s'est abstenu de toucher aux fondations et au rez-de-chaussée.

Art. 227. Ni sous le prétexte qu'il n'a fait que rentrer sur son propre terrain un des angles de sa maison ; que la nouvelle construction a augmenté et non diminué la largeur de la voie publique, et que, si elle est en arrière de l'alignement, ce n'est que de quelques centimètres.

Art. 228. Ni sous le prétexte que le travail qui a motivé la plainte n'est que temporaire ou provisoire, et que le prévenu s'est engagé à l'enlever dans un délai déterminé.

Art. 229. Ni sous le prétexte qu'il a été exécuté par l'ordre d'un locataire à l'insu du propriétaire.

Art. 230. Ni sous le prétexte, lorsque le bâtiment est sujet à retranchement, que la façade à laquelle la réparation a été effectuée donne sur la cour et non sur la rue.

Art. 231. Ni sous le prétexte que l'opération qualifiée de crépissage consiste seulement dans le fait d'avoir jeté çà et là quelques truellées de mortier.

Art. 232. Ni sous le prétexte que, à raison de la grossièreté de l'ouvrage ou de sa nature non confortative, ou de la solidité de la construction à laquelle il a été fait, la durée de celle-ci ne sera nullement prolongée.

Art. 233. Ni sous le prétexte que, loin de conforter le mur de face, les travaux indûment exécutés tendent, au contraire, à en diminuer la solidité et à en accélérer la ruine.

Art. 234. Ni sous le prétexte qu'ils avaient été rendus nécessaires par la malveillance, ou qu'ils étaient la conséquence obligée de ceux que le maire avait autorisés.

Art. 235. Ni sous le prétexte que la maison avait été mise en péril, soit par l'ouverture d'une baie pratiquée dans la façade, soit par la démolition d'une maison contiguë, et que l'administration, n'ayant fait aucune disposition pour l'acquérir, ne pouvait empêcher de la consolider.

Art. 236. Ni sous le prétexte que, bien qu'une maison soit en saillie, l'expropriation peut seule enlever au propriétaire le droit de la réparer, et surtout celui de rétablir dans son premier état la partie qu'un incendie a détruite.

Art. 237. Ni sous le prétexte que le règlement municipal qui interdit de faire, sans autorisation, aucun ouvrage de nature à consolider, conserver ou soutenir la façade des maisons en saillie, ne s'applique pas à la reconstruction d'une jambe étrière, ou qu'en défendant de reconstruire les escaliers qui existent sur la voie publique, ce règlement ne comprend pas le remplacement d'une marche en bois par une marche en pierre.

Art. 238. Ni sous le prétexte que pratiquer dans un mur de face des ouvertures en forme de meurtrières et placer une barre de fer au milieu de chacune d'elles n'est pas une contravention, le fait ne constitue ni une construction nouvelle, ni une reconstruction, ni une réparation.

Art. 239. Ni sous le prétexte que, en reconstruisant un ouvrage en saillie qu'il avait été obligé de démolir pour pouvoir faire un autre ouvrage, l'inculpé a simplement rétabli l'état de choses modifié momentanément par lui, avec l'intention de le conserver.

Art. 240. Les tribunaux de répression n'ont point à s'occuper de la question intentionnelle. Ils ne peuvent donc relaxer le prévenu en admettant sa bonne foi, fondée sur ce qu'il ne croyait pas une permission nécessaire pour de simples travaux d'embellissement et de propreté ; sur ce qu'il n'a fait que se conformer à l'usage suivi dans la commune ; sur ce que des voisins ont exécuté, sans être inquiétés, les mêmes ouvrages que ceux pour lesquels il est poursuivi ; sur ce qu'il savait que l'autorisation de réparer n'aurait pu être refusée, son mur étant à l'alignement, etc.

Art. 241. L'acquittement ne peut non plus être prononcé sous le prétexte, si la nouvelle construction se trouve mal plantée, que l'inculpé a pu être induit en erreur par les jalons que l'agent voyer communal avait posés pour tracer l'alignement.

Art. 242. Lorsqu'un règlement municipal oblige les architectes, maçons et charpentiers à ne mettre la main à l'œuvre qu'après s'être assurés que le propriétaire est en règle, le juge ne peut acquitter les contrevenants sous le prétexte que cette défense est illégale ; qu'elle porte atteinte au droit de chaque citoyen d'exercer librement sa profession ; que, hors le cas où l'intention de nuire est évidente, l'ouvrier n'est pas autorisé à vérifier si le maître a le droit d'entreprendre le travail auquel il l'emploie, et que son seul devoir est de lui obéir.

Art. 243. L'entrepreneur qui a violé un pareil règlement ne peut non plus être relaxé sous le prétexte qu'il n'a agi que d'après la commande et l'ordre exprès du propriétaire, et que celui-ci a pris fait et cause pour lui.

Art. 244. L'acquéreur d'un immeuble sur lequel ont été élevées par le précédent propriétaire des constructions contraires à l'alignement ou empiétant sur la voie publique ne peut être poursuivi pour cette double contravention s'il y est resté étranger.

Art. 245. Aussitôt qu'une contravention lui est signalée, le maire, indépendamment du procès-verbal qu'il en dresse ou fait dresser, doit prendre un arrêté portant injonction de suspendre les travaux, et même de les démolir.

Art. 246. Il ne commet aucun excès de pouvoir en ne distinguant pas, daus son arrêté, les ouvrages qui sont confortatifs de ceux qui ne le sont pas.

Art. 247. Néanmoins, l'injonction n'étant exigée par aucune loi, les travaux exécutés en violation des règlements constituent, par le fait seul de leur existence, une contravention que le juge doit réprimer, bien que le délinquant n'ait pas reçu sommation de les détruire.

Art. 248. Dans tous les cas, l'injonction du maire n'a d'autre valeur que celle d'une simple mise en demeure, et la démolition ne peut être opérée d'office qu'après avoir été expressément ordonnée par le juge.

§ 8. — De la démolition.

Art. 249. La loi fait un devoir aux tribunaux de police, non-seulement de prononcer sur les peines encourues, mais encore de statuer par le même jugement, sur les demandes en restitution et en dommages-intérêts.

Art. 250. En matière de petite voirie, les dommages résident évidemment dans l'existence des travaux exécutés au mépris des règlements.

Art. 251. L'obligation d'ordonner la démolition de ces travaux est dès lors une conséquence nécessaire et inséparable de la reconnaissance et de la répression de la contravention. La démolition constitue même la seule réparation qui puisse être poursuivie dans les affaires de cette nature.

Art. 252. L'édit du mois de décembre 1607 en porte la disposition formelle, puisqu'il répute *besogne mal plantée* tout travail entrepris sans permission ou effectué contrairement aux conditions de l'autorisation, et veut *qu'elle soit abattue.*

Art. 253. Infliger une peine pécuniaire, sans prescrire en même temps la démolition, serait, en effet, consacrer l'existence des ouvrages constitutifs d'une contravention reconnue et punie, perpétuer la contravention elle-même, et manquer ainsi à la disposition la plus essentielle de la loi pénale.

Art. 254. Si, moyennant une légère amende, on laissait subsister les travaux indûment faits, si l'on conservait ainsi à leurs auteurs le fruit d'une violation coupable des prescriptions destinées à maintenir la sûreté ainsi que la salubrité des voies publiques, et à assurer avec le temps la décoration des cités, les règlements de voirie, comme les lois qui les protégent de toute leur autorité, seraient aussi impuissants que dérisoires, et il en résulterait l'anarchie la plus complète dans cette partie de l'administration.

Art. 255. Le jugement qui condamne à l'amende à raison d'un fait dont il laisse subsister la trace présente d'ailleurs une contradiction en maintenant la contravention qu'il réprime.

Art. 256. L'amende étant prononcée dans l'intérêt de la vindicte publique et la démolition à titre de réparation civile, l'auteur de la contravention est seul passible de l'amende ; mais la démolition doit être poursuivie contre le détenteur de l'immeuble, n'en fût-il devenu propriétaire que depuis le jugement.

Art. 257. Comme la compétence des tribunaux de police se détermine par la quotité de l'amende et non par la valeur des dommages-intérêts qui peuvent suivre la condamnation, quelle que soit pour le condamné la perte résultant de la démolition, celle-ci, quand elle est requise, peut toujours être prononcée par ces tribunaux.

Art. 258. Si la contravention consiste dans la réparation ou l'exhaussement d'un

bâtiment grevé, en tout ou en partie, de la servitude de retranchement, le nouvel œuvre constitue *la besogne mal plantée* que proscrit l'édit de 1607. La destruction de ce nouvel œuvre peut seule faire cesser le préjudice causé à l'intérêt général et éviter à la commune le surcroît de dépense qu'entraînerait l'expropriation d'un immeuble dont la valeur aurait été augmentée.

Art. 259. Il en est de même si le nouvel œuvre, quel qu'il soit, est établi sur un terrain joignant la voie publique et destiné à en faire un jour partie, et à plus forte raison lorsque le constructeur a empiété sur le terrain communal.

Art. 260. Enfin, l'obligation d'observer rigoureusement l'alignement touchant à des intérêts sérieux de voirie, l'établissement ou la réparation d'une construction en retraite constitue également *la besogne mal plantée*, dont, aux termes du même édit, la suppression doit être exigée.

Art. 261. Toutefois, comme la démolition n'a sa raison d'être, à cause de son caractère de réparation civile, que dans le fait nécessaire d'un dommage préexistant, il n'y a pas lieu de l'ordonner lorsque l'opération entreprise sans autorisation ne nuit pas à la voie publique et ne porte aucun préjudice à la commune.

Art. 262. Si, par exemple, la maison construite ou restaurée se trouve sur l'alignement. ou si, quand elle est sujette à retranchement, l'autorité administrative a déclaré que les travaux qui y ont été faits n'ont pas pour résultat d'en prolonger la durée, ou si l'ouvrage qui a été établi sur la façade d'un bâtiment est dans les conditions du règlement municipal relatif aux saillies, l'amende seule doit être prononcée.

Art. 263. Mais si l'entreprise qui fait l'objet de la contravention n'était pas de nature à être autorisée, si elle a été effectuée contrairement à l'alignement ou sans l'observation des prescriptions contenues dans un règlement municipal, si l'exécution en a été poursuivie malgré les défenses expresses du maire, ou enfin si elle est préjudiciable au public, il y a lieu de faire démolir.

Art. 264. Lors donc que, dans les cas spécifiés ci-dessus, la contravention est déclarée constante, le juge de police ne peut, en même temps qu'il prononce la peine de l'amende, se dispenser de condamner à la démolition, par le motif que la commune n'est pourvue d'aucun plan d'alignement, et que celui de la rue où la contravention a été commise n'est encore qu'à l'état de projet.

Art. 265. Ni par le motif que la démolition n'est pas comprise au nombre des peines prononcées par la loi, ou qu'elle n'a pas été expressément requise par le ministère public.

Art. 266. Ni par le motif, s'il s'agit d'une construction neuve, que, dans l'espèce, elle enlève une retraite à l'immoralité, et que loin de nuire à la voie publique, elle y protége les mœurs.

Art. 267. Ou que le maire a eu connaissance des travaux bien avant qu'ils fussent achevés et n'est point intervenu pour fixer l'alignement à suivre.

Art. 268. Ou que rien ne prouve que la construction soit hors de l'alignement et que d'ailleurs le prévenu n'a pas reçu sommation de la détruire.

Art. 269. Ou que, si elle se trouve mal plantée, c'est la faute du maire, qui n'a déterminé, par un arrêté, qu'au moment où les travaux touchaient à leur fin, l'alignement qu'il avait d'abord donné verbalement.

Art. 270. Le juge commet d'ailleurs un excès de pouvoir lorsque, pour ne pas ordonner la démolition, il déclare qu'elle ne paraît ni urgente ni indispensable ; qu'elle n'aurait aucun résultat utile pour la commune ; que celle-ci est même intéressée à la conservation des travaux ; qu'il serait d'ailleurs impossible de remettre les lieux dans leur premier état.

Art. 271. Ou bien quand il prononce que les travaux que l'on reproche au prévenu d'avoir exécutés sans autorisation se rattachaient essentiellement à ceux pour lesquels il avait obtenu une permission.

Art. 272. Ou bien encore lorsqu'il décide qu'ils ne constituent que de simples travaux d'embellissement, ou qu'ils sont sans importance et même insignifiants relativement à la

plus-value de l'immeuble ; que rien ne démontre qu'ils soient de nature à prolonger la durée de la construction, et particulièrement celle du mur de face ; qu'ils paraissent, au contraire, n'être pas confortatifs et avoir même pour effet de diminuer la solidité de ce mur.

Art. 273. Ou enfin quand il prétend, s'ils consistent dans l'exhaussement d'un édifice, que cette opération a été exécutée avec toute la solidité convenable et présente toutes les garanties désirables pour la sûreté publique ; que d'ailleurs elle ne peut être considérée comme un nouvel œuvre, et que, dans tous les cas, elle n'est pas confortative de sa nature.

Art. 274. Lorsque la construction réparée ou édifiée se trouve en arrière de l'alignement, le juge ne doit pas non plus s'abstenir de prononcer la démolition, sur le motif, dans le premier cas, que le prévenu a pu croire qu'une autorisation n'était pas nécessaire, et, dans le second cas, qu'il y a lieu seulement de prescrire, par voie administrative, la clôture de l'enfoncement irrégulier.

Art. 275. Il ne peut également se dispenser d'ordonner la suppression de marches indûment établies, par le motif que la saillie n'en excède pas celle des autres marches qui existent déjà dans la rue, et que, si la permission de les poser eût été demandée, elle aurait été accordée sans difficulté.

Art. 276. Le juge ne peut d'ailleurs surseoir à prononcer la démolition jusqu'à ce que l'administration supérieure ait approuvé le projet d'alignement suivant lequel la construction réparée se trouve en saillie.

Art. 277. Ni jusqu'à ce que des experts chargés par lui de vérifier si les travaux sont réellement confortatifs aient fait leur rapport.

Art. 278. Ni jusqu'à ce qu'il ait été statué sur le pourvoi que le prévenu a formé ou se propose de former contre l'arrêté qui lui a fixé l'alignement ou enjoint de supprimer les ouvrages indûment exécutés.

Art. 279. Il ne peut non plus décider, sans se contredire lui-même, que le prévenu qu'il condamne à l'amende pour n'avoir pas suivi l'alignement donné par le maire, ne sera tenu d'observer cet alignement qu'autant qu'il lui aura été légalement notifié et qu'il ne l'aura pas fait réformer par l'autorité supérieure.

Art. 280. Si, en condamnant un individu à l'amende pour avoir établi sans autorisation un ouvrage en saillie, le tribunal omet de prononcer la démolition, le maire n'a pas moins le droit d'ordonner la suppression de la saillie. La désobéissance à l'arrêté municipal constituerait une nouvelle contravention, et le propriétaire qui s'en rendrait coupable ne pourrait être acquitté par application de la maxime *non bis in idem*.

Art. 281. La démolition, lorsqu'elle est prescrite par le juge, doit toujours comprendre la totalité et non pas seulement une partie du nouvel œuvre.

Art. 282. Mais elle ne peut être étendue au delà. Si, par exemple, un mur en saillie a été exhaussé sans autorisation, c'est la partie en surélévation et non l'ancien mur qui lui sert de base qui doit être démolie.

Art. 283. La démolition ayant le caractère d'une réparation civile et non d'une peine, il n'y a pas lieu d'insérer dans le jugement le texte de la loi qui l'ordonne.

Art. 284. Le juge, en statuant sur une contravention de voirie urbaine, épuise sa juridiction relativement aux faits antérieurs, en sorte que, s'il a omis de prononcer la démolition, même par inadvertance, le ministère public ne peut plus la lui demander par une action nouvelle.

Art. 285. Comme il n'appartient qu'à l'autorité municipale, soit de prescrire tout ce qu'exigent la sûreté et la commodité du passage, soit de faire exécuter les condamnations prononcées à cet égard par les tribunaux de police, le juge de répression ne peut s'attribuer le droit d'accorder un sursis au contrevenant pour effectuer la démolition.

Art. 286. Il ne pourrait donc pas décider qu'elle n'aura lieu que lorsqu'il sera procédé à l'élargissement de la rue, suivant le plan qui en a été arrêté.

Art. 287. Il peut seulement fixer un délai après lequel l'administration aura la faculté d'agir d'office, si le contrevenant est resté dans l'inaction ; mais ce délai ne doit être que celui présumé nécessaire pour opérer la démolition.

Art. 288. Autrement, les tribunaux de police pourraient journellement empiéter sur les attributions de l'autorité administrative, s'immiscer dans l'appréciation des mesures qui lui sont exclusivement confiées, en contrarier et en paralyser les effets.

Art. 289. Le maire peut d'ailleurs, si l'intérêt public paraît l'exiger, contraindre le contrevenant à effectuer la démolition dans un délai plus court que celui fixé par le juge.

Art. 290. Lorsque, après l'expiration du délai d'appel, le délinquant laisse sans exécution le jugement qui l'a condamné à démolir, le maire y fait procéder d'office par les ouvriers qu'il a requis. La commune avance les frais faits à ce sujet, et le receveur municipal en poursuit le recouvrement, suivant l'état dressé par le maire et rendu exécutoire par le visa du sous-préfet.

Art. 291. Quand bien même la démolition des travaux indûment exécutés aurait pour conséquence la chute du bâtiment, elle n'en doit pas moins être effectuée lorsqu'elle a été ordonnée, sauf au maire à faire poser provisoirement quelques étais et à procéder ensuite comme dans le cas de péril imminent.

Art. 292. Il est de principe que l'acte du souverain qui remet les peines de simple police n'enlève pas aux particuliers, communes et établissements publics leurs droits aux dommages-intérêts qui peuvent leur être alloués par les tribunaux. Dès lors, l'amnistie n'est pas applicable au chef de l'action du ministère public relatif à la démolition. Celle-ci doit, s'il y a lieu, être prononcée quand même.

Art. 293. L'administration a le droit d'apprécier s'il peut être apporté quelque adoucissement aux mesures prescrites par l'autorité du juge. En conséquence, lorsque l'intérêt public ne doit pas en souffrir, le maire peut, avec l'assentissement du préfet, tolérer l'existence des travaux indûment exécutés, ou accorder un sursis conditionnel au contrevenant pour en opérer la démolition.

Art. 294. Il doit surtout user de cette faculté lorsque le rétablissement des lieux dans leur premier état, ou même le reculement d'une construction en saillie, n'aurait aucun avantage immédiat pour la circulation, ou bien encore lorsque, en construisant en arrière de l'alignement, un propriétaire s'est proposé d'orner la façade de sa maison au moyen d'une décoration architecturale ou de lui donner un certain aspect.

Art. 295. Le sursis doit faire l'objet d'un acte administratif qui est transcrit au bureau des hypothèques, afin que, si l'immeuble passe en d'autres mains, le nouveau détenteur n'en puisse prétendre cause d'ignorance.

Dans le cas d'ailleurs où l'intérêt public viendrait à l'exiger, l'administration pourrait toujours faire cesser la tolérance dont elle aurait usé envers le contrevenant ; elle serait également en droit de rapporter la décision qui aurait suspendu l'exécution du jugement, si les conditions du sursis n'étaient pas remplies.

§ 9. — Des questions préjudicielles.

Art. 296. Lorsque le prévenu articule un fait dont la preuve ferait disparaître la contravention, ou pourrait modifier la décision de la question principale soumise au juge de police, il soulève une question qu'on appelle préjudicielle. Jusqu'à ce que celle-ci ait été résolue, la question principale doit rester suspendue.

Art. 297. Ce principe est général et absolu, et, bien qu'il n'ait été rappelé que dans une loi spéciale, il régit et limite la compétence de tous les tribunaux de répression.

Art. 298. Ainsi, l'individu poursuivi pour n'avoir pas observé les prescriptions de l'autorisation qui lui a été accordée soulève une question préjudicielle lorsqu'il soutient, au contraire, qu'il ne s'en est pas écarté, et comme l'autorité judiciaire ne peut, sous aucun prétexte, connaître des actes de l'administration, le tribunal de police doit surseoir à statuer au fond jusqu'à ce que cette dernière ait prononcé sur la question préjudicielle.

Art. 299. Il en est de même lorsque la prévention résulte de ce que l'alignement donné par le maire n'aurait pas été suivi et que l'inculpé objecte que cet alignement n'est pas conforme au plan approuvé par l'autorité compétente.

Art. 300. Ou si, étant accusé d'avoir, sans autorisation, élevé ou réparé une construc-

tion, il excipe de ce que le terrain sur lequel elle est située ne joint pas la voie publique actuelle.

Art. 301. Ou bien encore quand, la citation ayant eu lieu pour le même fait, il y a doute sur le point de savoir si la construction est hors de l'alignement.

Art. 302. Ou enfin lorsque l'inculpé prétend que, bien que cette construction ne soit pas sur l'alignement, les travaux qu'il y a faits ne sont nullement confortatifs.

Art. 303. En général, toutes les fois que le ministère public et le prévenu de contravention à un arrêté municipal sont sur l'interprétation de cet arrêté, il n'appartient qu'à l'autorité administrative d'en fixer le sens et la portée.

Art. 304. Lorsque la poursuite a pour motif, soit un empiétement commis sur la voie publique, soit la suppression d'un passage conduisant à un établissement public, le prévenu, s'il oppose l'exception de propriété ou de possession immémoriale du terrain litigieux, soulève aussi une question préjudicielle; mais celle-ci est de sa nature de la compétence exclusive des tribunaux civils.

Art. 305. Dans ce dernier cas, le tribunal de police ne peut admettre l'exception proposée qu'en déclarant qu'elle lui paraît fondée sur un titre apparent ou sur des faits de possession équivalents, personnels au prévenu et par lui articulés avec précision. Si l'allégation ne lui semble pas avoir un caractère suffisant de vraisemblance, il doit passer outre au jugement de l'action.

Art. 306. Il doit en faire autant, lorsque la question soulevée ne peut exercer aucune influence sur le litige qui lui est soumis. Ainsi, la circonstance qu'un individu prévenu d'avoir construit le long de la voie publique, sans en avoir demandé la permission ou sans s'être conformé à l'alignement qui lui avait été fixé, serait propriétaire du terrain sur lequel il a bâti, ne peut donner lieu à une question préjudicielle de nature à motiver un sursis, puisque, lors même que le terrain lui appartiendrait, il n'aurait pas moins commis une contravention.

Art. 307. Il offrirait en vain de prouver que les nouvelles constructions reposent sur l'emplacement des anciennes et que l'existence de celles-ci remontait à plus de trente ans; le fait, fût-il établi, n'autorisait pas à se passer d'une autorisation.

Art. 308. Il en serait de même si, par ses constructions ou autrement, cet individu avait intercepté une rue, une impasse ou un passage livré depuis longtemps à la circulation. En effet, nul ne peut se faire justice à soi-même: il n'est pas permis de s'approprier les choses dont le public a la jouissance, sous le prétexte qu'on peut être fondé à en revendiquer la propriété.

Art. 309. L'exception de propriété ne serait pas non plus susceptible de retarder la répression d'une contravention commise dans une rue dont le plan d'alignement aurait été approuvé par l'autorité compétente; les prétentions de l'inculpé, si elles étaient admises, devant dans ce cas se résoudre en une indemnité.

Art. 310. Le prévenu de contravention à un arrêté municipal défendant d'étaler des marchandises le long des boutiques dépourvues de devantures, qui alléguerait son titre de propriété du sol, ne soulèverait pas non plus une question préjudicielle, attendu que, tant qu'un terrain est livré à la circulation, il est nécessairement soumis aux mesures de police et de vigilance applicables à toute voie publique.

Art. 311. Le juge doit également statuer immédiatement sur la contravention résultant de ce qu'un propriétaire a exécuté à un bâtiment situé hors de l'alignement des travaux que le maire avait expressément refusé d'autoriser. Il n'y a pas lieu, dans ce cas, de faire préalablement décider si ces travaux sont ou non confortatifs.

Art. 312. Lorsqu'un particulier, poursuivi pour ne s'être pas conformé à l'alignement qui lui avait été donné ou pour avoir violé les défenses que le maire lui avait faites, s'est pourvu près de l'administration supérieure afin de faire réformer l'arrêté municipal, il n'y a pas lieu non plus de surseoir, attendu que, les actes de l'espèce étant exécutoires par provision, quand bien même celui qui fait l'objet du pourvoi serait réformé, l'infraction qui en a eu lieu, au moment où il était obligatoire, n'en constituerait pas moins une contravention.

Art. 313. Il ne faut pas confondre les moyens de défense dont l'appréciation appartient

au juge de répression, avec les questions préjudicielles, dont il doit laisser la solution à qui de droit. Ainsi, le tribunal de police doit décider lui-même si le fait d'avoir superposé des briques les unes sur les autres constitue une construction de mur sans mortier ni liaison, ou, comme le prétend le prévenu, un simple apport de matériaux.

Art. 314. Il est également compétent pour décider si le terrain attenant à un bâtiment auquel des travaux ont été exécutés sans autorisation fait ou non partie de la voie publique. Effectivement, l'existence même de la voie publique est un fait que les tribunaux ordinaires doivent vérifier et reconnaître, d'après les principes du droit commun, sans qu'il y ait lieu d'en renvoyer, soit d'office, soit sur la demande des parties, l'examen à l'autorité administrative.

Art. 315. Aucune loi n'a établi de délai à l'expiration duquel le prévenu qui a soulevé une question préjudicielle, et qui n'a point encore agi pour la faire résoudre par qui de droit, soit réputé avoir abandonné l'exception qui y a donné lieu. Cependant, comme l'ordre public ne permet pas que l'action pour la répression de la contravention reste indéfiniment suspendue, le tribunal, en prononçant le sursis, doit fixer lui-même le délai dont il s'agit.

Art. 316. Il ne peut se borner à renvoyer les parties à fins civiles, en laissant à la plus diligente le soin de saisir le juge compétent. Il doit, au contraire, mettre expressément à la charge du défendeur l'obligation de poursuivre la décision à intervenir. Cette obligation pèse exclusivement, en effet, sur celui qui a élevé la question préjudicielle.

Art. 317. Le juge de répression ne peut d'ailleurs, sans commettre un excès de pouvoir, assigner le délai dans lequel l'autorité compétente sera tenue de statuer.

Art. 318. Enfin, tant que la question préjudicielle n'est pas résolue, il ne doit ni absoudre, ni condamner, ni se dessaisir, puisque sa décision est nécessairement subordonnée au sort de l'exception renvoyée devant d'autres juges.

Art. 319. C'est donc à tort qu'il prononcerait immédiatement la peine de l'amende, en se réservant de prononcer plus tard, le cas échéant, la démolition des travaux. Il ne peut statuer par deux décisions distinctes sur une contravention unique.

§ 10. — De la prescription.

Art. 320. L'action publique et l'action civile sont prescriptes pour une contravention de police après une année révolue à compter du jour où elle a été commise, si dans l'intervalle, il n'est pas intervenu de condamnation.

Art. 321. La demande en destruction des travaux indûments faits ayant le caractère d'une action civile, et une telle action n'étant qu'un accessoire de l'action publique, il s'ensuit que, lorsque la peine de l'amende est prescrite, la démolition ne peut plus être prononcée.

Art. 322. La prescription, en cette matière, est d'ordre public; elle doit donc, si le prévenu ne la propose pas, être suppléée d'office par le juge.

Art. 323. La disposition législative qui l'a établie, étant générale et absolue, ne souffre aucune exception pour le cas où, soit à raison du respect dû au domicile, soit pour tout autre motif, la contravention résultant de travaux exécutés clandestinement n'aurait été connue que tardivement par le ministère public.

Art. 324. Les réparations effectuées au mépris d'un règlement municipal, bien que permanentes, ne peuvent être considérées comme le renouvellement continuel du même fait, et être assimilées à un délit successif. Dès lors, la prescription est acquise à leur auteur si elles remontent à plus d'une année. On objecterait en vain, lorsque le bâtiment est en saillie, que le sol sur lequel elles ont eu lieu a été attribué par le plan d'alignement à la voie publique, et que la voie publique est imprescriptible.

Art. 325. Il en est de même d'une plantation de bornes et de l'établissement de tout autre objet en saillie.

Art. 326. La prescription peut aussi être opposée après une année révolue, même pour une construction élevée hors de l'alignement, attendu que la contravention a été consommée au moment où les travaux ont été achevés

Art. 327. Le délai d'un an dans lequel il doit être définitivement statué, soit en première instance, soit en appel, ne peut être prorogé par aucun acte d'instruction, et par conséquent par le seul état de litispendance.

Art. 328. Les arrêtés municipaux, en matière de voirie urbaine, devant recevoir leur exécution tant qu'ils n'ont pas été réformés par l'autorité administrative supérieure, et le recours à cette autorité ne formant pas un obstacle au jugement des tribunaux de répression, il en résulte qu'il ne peut interrompre la prescription.

Art. 329. Comme on ne doit entendre par condamnation qu'un jugement émané d'un tribunal, et que l'arrêté par lequel un maire ordonne la destruction de travaux faits en contravention n'a pas ce caractère, un pareil arrêté ne peut non plus interrompre la prescription.

Art. 330. Au contraire, lorsqu'une question préjudicielle a été soulevée devant le tribunal et a nécessité de la part de celui-çi un renvoi devant l'autorité administrative ou la juridiction civile, la prescription reste suspendue jusqu'à la décision à laquelle est subordonné le jugement de l'action. En effet, l'art. 640 du Code d'instruction criminelle ne déroge pas au principe du droit commun et de toute équité, suivant lequel la prescription ne court pas contre celui qui est empêché d'agir.

Art. 331. Le même article ne déroge pas non plus au droit de recours que le ministère public tient de la loi. Dès lors si, avant l'expiration de l'année, il est intervenu un jugement qui renvoie le prévenu et qu'il y ait eu un pourvoi en cassation contre ce jugement dans le délai légal, la prescription reste également suspendue : s'il en était autrement le recours serait illusoire.

Art. 332. Mais si, après l'appel ou le pourvoi, l'action n'a pas été exercée dans le délai d'un an, soit devant le tribunal correctionnel, soit devant la Cour de Cassation, elle se trouve éteinte par la prescription.

Art. 333. Quand des travaux forment un tout indivisible, la prescription ne peut être utilement invoquée pour la partie de ces travaux dont l'exécution remonte à plus d'une année, si l'autre partie n'était pas terminée depuis un an lors de la citation donnée au contrevenant.

Art. 334. Lorsque la prescription est admise, l'effet en est restreint à la poursuite de la contravention et ne porte aucune atteinte aux droits civils ou administratifs résultant, soit de la propriété du sol, soit de son imprescriptibilité.

Art. 335. En conséquence, si la construction qui fait l'objet de la contravention empiète sur la voie publique, le maire peut toujours réclamer la restitution du terrain qui a été envahi. Toutefois, comme la revendication a pour base unique un droit purement civil, elle ne peut être poursuivie que devant la juridiction civile. Dès lors, l'arrêté portant injonction de rendre le terrain usurpé ne saurait, en cas d'inexécution, donner lieu à une condamnation en matière de police.

Art. 336. De même, lorsqu'un maire laisse subsister des travaux faits indûment à une maison en saillie, à la condition qu'elle sera démolie dans un délai déterminé, il ne peut, dans le cas où cette condition ne serait pas remplie, déférer au tribunal de police la contravention résultant de l'exécution des travaux si elle remonte à plus d'une année, attendu que la prescription n'a pas été détruite par l'effet de la transaction ; il ne peut non plus lui demander d'assurer l'exécution de cette transaction, les tribunaux de répression étant incompétents à ce sujet.

Art. 337. S'il s'agit d'ouvrages placés en saillie sur la façade d'un bâtiment, qu'ils aient ou non été autorisés, leur existence n'étant que précaire et de pure tolérance, et ne pouvant dès lors fonder ni possession ni prescription, le maire a toujours le droit d'en exiger l'enlèvement dès que l'intérêt de la circulation lui paraît réclamer cette mesure. Le principe de la non-rétroactivité des lois ne peut s'appliquer aux arrêtés qu'il prend à ce sujet.

Art. 338. Ce droit ne souffre aucune atteinte de ce que le particulier, poursuivi antérieurement pour avoir établi sans autorisation l'ouvrage en saillie, aurait été relaxé de l'action intentée contre lui, à cause de l'ancienneté de la construction.

Art. 339. Si le maire use de ce même droit, et que son injonction reste sans effet, le

juge de police doit réprimer la contravention qui résulte alors, non de l'établissement de la saillie, mais de la désobéissance à l'arrêté municipal qui en a prescrit l'enlèvement.

ART. 340. L'arrêté par lequel un maire ordonne la suppression de bornes placées en saillie le long et aux angles des maisons, étant pris, dans les limites de ses pouvoirs, ne peut être déféré au conseil d'État par la voie contentieuse ; mais il ne fait pas obstacle à ce que les propriétaires riverains fassent valoir devant l'autorité compétente les droits qu'ils prétendaient résulter pour eux de la propriété du sol sur lequel ces bornes avaient été établies.

SALUBRITÉ ET ASSAINISSEMENT DES VILLES

On a beaucoup fait dans ces derniers temps pour la salubrité et l'assainissement des villes ; Paris sera bientôt doté d'un système complet. Malheureusement, nous sommes bien en retard sur l'Angleterre sous ce rapport, et presque partout les mesures relatives à la salubrité publique sont laissées à la discrétion des autorités municipales.

Le desideratum est d'arriver partout au système de la circulation continue ; un courant d'eau limpide pénètre dans chaque maison et en sort par l'égout, entraînant avec lui tous les détritus et toutes les immondices ; rien ne s'écoule sur la voie publique, rien n'est recueilli dans les fosses. L'égout collecteur porte loin des agglomérations d'habitants ses eaux corrompues et va fertiliser des sols perméables qui, sans lui, resteraient incultes.

L'étude des moyens à suivre pour l'établissement d'un système parfait nous entraînerait trop loin ; le lecteur curieux de l'entreprendre n'aura qu'à se reporter au livre de M. l'Ingénieur de Freycinet : « *Principes de l'assainissement des villes*, Paris, Dunod, éditeur, 1870. »

Nous nous contenterons de reproduire ici les lois et ordonnances en vigueur à Paris et se rapportant à la salubrité publique.

ORDONNANCE DU ROI QUI DÉTERMINE LE MODE DE CONSTRUCTION DES FOSSES D'AISANCES DANS LA VILLE DE PARIS

Du 24 septembre 1819.

LOUIS, etc., etc.

Sur le rapport de notre ministre de l'intérieur ; avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

SECTION PREMIÈRE. — *Des constructions neuves*

ART. 1er. A l'avenir, dans aucun des bâtiments publics ou particuliers de notre bonne ville de Paris et de leurs dépendances, on ne pourra employer, pour fosses d'aisances, des puisards, égouts, aqueducs ou carrières abandonnés, sans y faire les constructions prescrites par le présent réglement.

Art. 2. Lorsque les fosses seront placées sous le sol des caves, ces caves devront avoir une communication immédiate avec l'air extérieur.

Art. 3. Les caves sous lesquelles seront construites les fosses d'aisances devront être assez spacieuses pour contenir quatre travailleurs et leurs ustensiles, et avoir au moins deux mètres de hauteur sous voûte.

Art. 4. Les murs, la voûte et le fond des fosses seront entièrement construits en pierres meulières, maçonnées avec du mortier de chaux maigre et de sable de rivière bien lavé.

Les parois des fosses seront enduites de pareil mortier, lissé à la truelle.

On ne pourra donner moins de trente à trente-cinq centimètres d'épaisseur aux voûtes, et moins de quarante-cinq ou cinquante centimètres aux massifs et aux murs.

Art. 5. Il est défendu d'établir des compartiments ou divisions dans les fosses, d'y construire des piliers, et d'y faire des chaînes ou des arcs en pierres apparentes.

Art. 6. Le fond des fosses d'aisances sera fait en forme de cuvette concave.

Tous les angles intérieurs seront effacés par des arrondissements de vingt-cinq centimètres de rayon.

Art. 7. Autant que les localités le permettront, les fosses d'aisances seront construites sur un plan circulaire, elliptique ou rectangulaire.

On ne permettra point la construction de fosses à angle rentrant, hors le seul cas où la surface de la fosse serait au moins de quatre mètres carrés de chaque côté de l'angle ; et alors il serait pratiqué, de l'un et de l'autre côté, une ouverture d'extraction.

Art. 8. Les fosses, quelle que soit leur capacité, ne pourront avoir moins de deux mètres de hauteur sous clef.

Art. 9. Les fosses seront couvertes par une voûte en plein cintre, ou qui n'en différera que d'un tiers de rayon.

Art. 10. L'ouverture d'extraction des matières sera placée au milieu de la voûte, autant que les localités le permettront.

La cheminée de cette ouverture ne devra point excéder un mètre cinq centimètres de hauteur, à moins que les localités n'exigent impérieusement une plus grande hauteur.

Art. 11. L'ouverture d'extraction, correspondant à une cheminée d'un mètre cinquante centimètres au plus de hauteur, ne pourra avoir moins d'un mètre en longueur sur soixante-cinq centimètres en largeur.

Lorsque cette ouverture correspondra à une cheminée excédant un mètre cinquante centimètres de hauteur, les dimensions ci-dessus spécifiées seront augmentées de manière que l'une de ces dimensions soit égale aux deux tiers de la hauteur de la cheminée.

Art. 12. Il sera placé, en outre, à la voûte, dans la partie la plus éloignée du tuyau de chute et de l'ouverture d'extraction, si elle n'est pas dans le milieu, un tampon mobile, dont le diamètre ne pourra être moindre de cinquante centimètres. Ce tampon sera en pierre, encastré dans un châssis en pierre, et garni, dans son milieu, d'un anneau en fer.

Art. 13. Néanmoins ce tampon ne sera pas exigible pour les fosses dont la vidange se fera au niveau du rez-de-chaussée, et qui auront, sur ce même sol, des cabinets d'aisances avec trémie ou siége sans bonde, et pour celles qui auront une superficie moindre de six mètres dans le fond, et dont l'ouverture d'extraction sera dans le milieu.

Art. 14. Le tuyau de chute sera toujours dans le milieu.

Son diamètre intérieur ne pourra avoir moins de vingt-cinq centimètres, s'il est en terre cuite, et de vingt centimètres, s'il est en fonte.

Art. 15. Il sera établi, parallèlement au tuyau de chute, un tuyau d'évent, lequel sera conduit jusqu'à la hauteur des souches de cheminées de la maison, ou de celles des maisons contiguës, si elles sont plus élevées.

Le diamètre de ce tuyau d'évent sera de vingt-cinq centimètres au moins ; s'il passe cette dimension, il dispensera du tampon mobile.

Art. 16. L'orifice intérieur des tuyaux de chute et d'évent ne pourra être descendu au-dessous des points les plus élevés de l'intrados de la voûte.

SECTION II. — *Des reconstructions de fosses d'aisances dans les maisons existantes*

ART. 17. Les fosses actuellement pratiquées dans des puits, puisards, égouts anciens, aqueducs ou carrières abandonnés, seront comblées ou reconstruites à la première vidange.

ART. 18. Les fosses situées sous le sol des caves, qui n'auraient point communication immédiate avec l'air extérieur, seront comblées à la première vidange, si l'on ne peut pas établir cette communication.

ART. 19. Les fosses actuellement existantes dont l'ouverture d'extraction, dans les deux cas déterminés par l'article 11, n'aurait pas et ne pourrait avoir les dimensions prescrites par le même article, celles dont la vidange ne peut avoir lieu que par des soupiraux ou des tuyaux, seront comblées à la première vidange.

ART. 20. Les fosses à compartiments ou étranglements seront comblées ou reconstruites à la première vidange, si l'on ne peut pas faire disparaître ces étranglements ou compartiments, et qu'ils soient reconnus dangereux.

ART. 21. Toutes les fosses des maisons existantes, qui seront reconstruites, le seront suivant le mode prescrit par la 1re section du présent règlement.

Néanmoins le tuyau d'évent ne pourra être exigé que s'il y a lieu à reconstruire un des murs en élévation au dessus de ceux de la fosse, ou si ce tuyau peut se placer intérieurement ou extérieurement, sans altérer la décoration des maisons.

SECTION III. — *Des réparations des fosses d'aisances*

ART. 22. Dans toutes les fosses existantes, et lors de la première vidange, l'ouverture d'extraction sera agrandie, si elle n'a pas les dimensions prescrites par l'article 11 de la présente ordonnance.

ART. 23. Dans toutes les fosses dont la voûte aura besoin de réparations, il sera établi un tampon mobile, à moins qu'elles ne se trouvent dans les cas d'exception prévus par l'article 13.

ART. 24. Les piliers isolés, établis dans les fosses, seront supprimés à la première vidange, ou l'intervalle entre les piliers et les murs sera rempli en maçonnerie, toutes les fois que le passage entre ces piliers et les murs aura moins de soixante-dix centimètres de largeur.

ART. 25. Les étranglements existant dans les fosses, et qui ne laisseraient pas un passage de soixante-dix centimètres au moins de largeur, seront élargis à la première vidange, autant qu'il sera possible.

ART. 26. Lorsque le tuyau de chute ne communiquera avec la fosse que par un couloir ayant moins d'un mètre de largeur, le fond de ce couloir sera établi en glacis jusqu'au fond de la fosse, sous une inclinaison de quarante-cinq degrés au moins.

ART. 27. Toute fosse qui laisserait filtrer ses eaux par les murs ou par le fond sera réparée.

ART. 28. Les réparations consistant à faire des rejointements, à élargir l'ouverture d'extraction, placer un tampon mobile, rétablir des tuyaux de chute ou d'évent, reprendre la voûte et les murs, boucher ou élargir des étranglements, réparer le fond des fosses, supprimer des piliers, pourront être faites suivant les procédés employés à la construction première de la fosse.

ART. 29. Les réparations consistant dans la reconstruction entière d'un mur de la voûte ou du massif du fond des fosses d'aisance, ne pourront être faites que suivant le mode indiqué ci-dessus pour les constructions neuves.

ART. 30. Les propriétaires des maisons dont les fosses seront supprimées en vertu de la présente ordonnance seront tenus d'en faire construire de nouvelles, conformément aux dispositions prescrites par les articles de la Ire section.

ART. 31. Ne seront pas astreints aux constructions ci-dessus déterminées les propriétaires qui, en supprimant leurs anciennes fosses, y substitueront les appareils connus

sous le nom de *fosses mobiles inodores*, ou tous autres appareils que l'administration publique aurait reconnus par la suite pouvoir être employés concurremment avec ceux-ci.

Art. 32. En cas de contravention aux dispositions de la présente ordonnance, ou d'opposition de la part des propriétaires aux mesures prescrites par l'administration, il sera procédé, dans les formes voulues, devant le tribunal de police ou le tribunal civil, suivant la nature de l'affaire.

Art. 33. Le décret du 10 mars 1809 concernant les fosses d'aisances dans Paris, est et demeure annulé.

ORDONNANCE CONCERNANT LES FOSSES D'AISANCES

Du 23 octobre 1819.

Vu, 1° l'ordonnance du roi du 24 septembre 1819 ;

2° L'ordonnance de police du 24 avril 1808, concernant les vidangeurs ;

3° La loi des 16-24 août 1790, titre XI, art. 3, § V ;

4° L'article 23, § V de l'arrêté du gouvernement du 12 messidor an VIII (1er juillet 1800).

Art. 1er. L'ordonnance du roi du 24 septembre 1819, contenant règlement pour les constructions, reconstructions et réparations des fosses d'aisances dans la ville de Paris, sera imprimée et affichée.

Art. 2. Aucune fosse ne pourra être construite, reconstruite, réparée ou supprimée sans déclaration préalable à la préfecture de police.

Cette déclaration sera faite par le propriétaire ou par l'entrepreneur qu'il aura chargé de l'exécution des ouvrages.

Dans le cas de construction ou de reconstruction, la déclaration devra être accompagnée du plan de la fosse à construire ou reconstruire, et de celui de l'étage supérieur.

Art. 3. La même déclaration sera faite soit par les propriétaires qui feront établir dans leurs maisons les appareils connus sous le nom de *fosses mobiles inodores*, et tous autres appareils que l'administration publique approuverait par la suite, soit par les entrepreneurs de ces établissements.

Art. 4. Seront tenus à la même déclaration les propriétaires qui voudront combler des fosses d'aisances, ou procéder à l'établissement d'appareils quelconques, sans avoir obtenu l'autorisation nécessaire à cet effet.

Art. 6. Il est défendu aux propriétaires ou entrepreneurs d'extraire ou faire extraire, par leurs ouvriers ou tous autres, les eaux vannes et matières qui se trouveraient dans les fosses.

Cette extraction ne pourra être faite que par un entrepreneur.

Art. 7. Il leur est également défendu de faire couler dans la rue les eaux claires et sans odeur qui reviendraient dans la fosse après la vidange, à moins d'y être spécialement autorisés.

Art. 8. Tout propriétaire faisant procéder à la réparation ou à la démolition d'une fosse, ou tout entrepreneur chargé des mêmes travaux, sera tenu, tant que dureront la démolition et l'extraction des pierres, d'avoir à l'extérieur de la fosse autant d'ouvriers qu'il en emploiera dans l'intérieur.

Art. 9. Chaque ouvrier travaillant à la démolition ou à l'extraction des pierres sera ceint d'un bridage, dont l'attache sera tenue par un ouvrier placé à l'extérieur

Art. 10. Les propriétaires et les entrepreneurs sont, aux termes des lois, responsables des effets des contraventions aux quatre articles précédents.

Art. 11. Toute fosse, avant d'être comblée, sera vidée et curée à fond.

Art. 12. Toute fosse destinée à être convertie en cave sera curée avec soin ; les joints en seront grattés à vif et les parties en mauvais état réparées, en se conformant aux dispositions prescrites par les articles 6, 7, 8 et 9.

Art. 13. Si un ouvrier est frappé d'asphyxie en travaillant dans une fosse, les travaux

seront suspendus à l'instant, et déclaration en sera faite dans le jour à la préfecture de police.

Les travaux ne pourront être repris qu'avec les précautions et les mesures indiquées par l'autorité.

ART. 14. Tous les matériaux provenant de la démolition des fosses d'aisances seront immédiatement enlevés.

ART. 15. Il ne pourra être fait usage d'une fosse d'aisances nouvellement construite ou réparée qu'après la visite de l'architecte commissaire de la petite voirie, qui délivrera son certificat constatant que les dispositions prescrites par l'autorité ont été exécutées.

Toutefois, lorsqu'il y aura lieu à revêtir tout ou partie de la fosse de l'enduit prescrit par le § 2 de l'article 4 de l'ordonnance royale du 24 septembre 1819, il devra être fait, par le même architecte, une visite préalable pour constater l'état des murs avant l'application de l'enduit.

ART. 16. Tout propriétaire qui aura supprimé une ou plusieurs fosses d'aisances, pour établir des appareils quelconques en tenant lieu, et qui par la suite renoncerait à l'usage desdits appareils, sera tenu de rendre à leur première destination les fosses supprimées, ou d'en faire construire de nouvelles, en se conformant aux dispositions de l'ordonnance du roi du 24 septembre 1819 et de la présente ordonnance.

ART. 17. Les contraventions seront constatées par des procès-verbaux ou rapports qui nous seront transmis sans délai.

ART. 18. Les commissaires de police, l'architecte commissaire de la petite voirie, l'inspecteur général de la salubrité, et les autres préposés de la préfecture de police, sont chargés de surveiller l'exécution de la présente ordonnance.

ORDONNANCE CONCERNANT LES FOSSES D'AISANCES

Du 23 octobre 1850.

Nous, préfet de police,

Considérant que l'ordonnance de police du 23 octobre 1819, relative à la surveillance des fosses d'aisances dans Paris, prescrit diverses formalités dont l'accomplissement nuit à la célérité désirable dans un service de cette nature, et qu'il y a lieu de la modifier en ce point;

Considérant qu'à cette occasion il convient d'ajouter à l'ordonnance précitée quelques dispositions dont l'expérience a fait sentir la nécessité;

Vu l'ordonnance du 5 juin 1834, concernant la vidange des fosses d'aisances et le service des fosses mobiles dans Paris;

En vertu de la loi des 16-24 août 1790 et de l'arrêté du gouvernement du 12 messidor an VIII (1er juillet 1800),

Ordonnons ce qui suit :

ART. 1er. Aucune fosse d'aisances ne pourra être construite, reconstruite ou réparée, sans déclaration préalable à la préfecture de police.

Cette déclaration sera faite par le propriétaire ou par l'entrepreneur qu'il aura chargé de l'exécution des ouvrages.

Dans le cas de construction ou de reconstruction, la déclaration devra être accompagnée du plan de la fosse à construire ou à reconstruire et de celui de l'étage supérieur.

ART. 2. Seront dispensées de la formalité de la déclaration les reconstructions et réparations que prescriront les architectes de notre administration lors de la visite des fosses à la suite de la vidange.

ART. 3. L'établissement des appareils de fosses mobiles reste soumis aux formalités et conditions énoncées aux articles 28, 29 et suivants de l'ordonnance susvisée du 5 juin 1834.

ART. 4. Il est défendu de combler des fosses d'aisances ou de les convertir en caves sans en avoir obtenu la permission du préfet de police.

Art. 5. Il est interdit aux propriétaires et entrepreneurs d'extraire ou faire extraire par leurs ouvriers ou tous autres les eaux vannes et matières qui se trouveraient dans les fosses.

Cette extraction ne pourra être faite que par les entrepreneurs de vidanges.

Art. 6. Il leur est également interdit de faire couler dans la rue les eaux claires et sans odeur qui reviendraient dans les fosses après la vidange, à moins d'y être spécialement autorisés.

Art. 7. Tout propriétaire faisant procéder à la réparation ou à la démolition d'une fosse, ou tout entrepreneur chargé des mêmes travaux, sera tenu, tant que dureront la démolition et l'extraction des pierres, d'avoir à l'extérieur de la fosse autant d'ouvriers qu'il en emploiera dans l'intérieur.

Art. 8. Chaque ouvrier travaillant à la démolition ou à l'extraction des pierres sera ceint d'un bridage dont l'attache sera tenue par un ouvrier placé à l'extérieur.

Art. 9. Les propriétaires et entrepreneurs sont, aux termes des lois, responsables des effets des contraventions aux quatre articles précédents.

Art. 10. Toute fosse, avant d'être comblée, sera vidée et curée à fond.

Art. 11. Toute fosse destinée à être convertie en cave sera curée avec soin, les joints en seront grattés à vif et les parties en mauvais état réparées, conformément aux dispositions prescrites par les articles 5, 6, 7 et 8.

Art. 12. Si un ouvrier est frappé d'asphyxie en travaillant dans une fosse, les travaux seront suspendus à l'instant, et déclaration en sera faite, dans le jour, à la préfecture de police.

Les travaux ne pourront être repris qu'avec les précautions et les mesures indiquées par l'autorité.

Art. 13. Tous matériaux provenant de la démolition des fosses d'aisances seront immédiatement enlevés.

Art. 14. Les fosses neuves reconstruites ou réparées ne pourront être mises en service et fermées qu'après qu'un architecte de la préfecture en aura fait la réception et aura délivré un permis de fermer.

Art. 15. Pour l'exécution des dispositions de l'article précédent, il devra être donné avis à la préfecture de police de l'achèvement des travaux, savoir : pour les fosses neuves, par une déclaration écrite déposée au bureau de la petite voirie, et pour les fosses reconstruites ou réparées d'après les indications des architectes de l'administration, par la remise au même bureau du bulletin laissé par l'architecte qui a prescrit les travaux.

Art. 16. Tout propriétaire qui aura supprimé une ou plusieurs fosses d'aisances pour établir des appareils quelconques en tenant lieu, et qui, par suite, renoncerait à l'usage desdits appareils, sera tenu de rendre à leur première destination les fosses d'aisances supprimées ou d'en faire construire de nouvelles.

Art. 17. Il est enjoint à tous propriétaires, locataires et concierges, de faciliter aux préposés de notre administration toute visite ayant pour but de s'assurer de l'état des fosses et de leurs dépendances.

Art. 18. L'ordonnance précitée du 23 octobre 1819 est rapportée.

Art. 19. Les contraventions seront constatées par des procès-verbaux ou rapports qui nous seront transmis sans délai.

Art. 20. Les commissaires de police, l'architecte commissaire de la petite voirie, l'inspecteur général de la salubrité et les autres préposés de la préfecture de police sont chargés de l'exécution de la présente ordonnance.

ORDONNANCE DE POLICE CONCERNANT LES FOSSES D'AISANCES ET LE SERVICE DE LA VIDANGE DANS LES COMMUNES RURALES DU RESSORT DE LA PRÉFECTURE DE POLICE

Du 1er décembre 1853.

Nous, préfet de police, etc.

En vertu des arrêtés du gouvernement des 12 messidor an VIII et 3 brumaire an IX (1er juillet et 25 octobre 1800),

Ordonnons ce qui suit :

TITRE PREMIER

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Art. 1er. Dans les communes rurales du ressort de la préfecture de police, toute maison habitée devra être pourvue de privés en nombre suffisant.

Ces privés seront desservis, sauf les exceptions prévues ci-après, soit par des fosses en maçonnerie, construites dans les conditions indiquées au titre II de la présente ordonnance, soit par des appareils de fosses mobiles inodores ou tous autres appareils que le préfet de police aurait reconnu pouvoir être employés concurremment avec ceux-ci.

TITRE II

DE LA CONSTRUCTION DES FOSSES D'AISANCES

SECTION PREMIÈRE. — *Des constructions neuves*

Art. 2. Dans aucun des bâtiments publics ou particuliers des communes rurales du ressort de la préfecture de police, on ne pourra employer pour fosses d'aisances des puits, puisards, égouts, aqueducs ou carrières abandonnées sans y faire les constructions prescrites par le présent règlement.

Art. 3. Lorsque les fosses seront placées sous le sol des caves, ces caves devront avoir une communication immédiate avec l'air extérieur.

Art. 4. Les caves et autres locaux où se trouveront les ouvertures d'extraction des fosses devront être assez spacieux pour contenir quatre travailleurs et leurs ustensiles, et avoir au moins 2 mètres de hauteur.

Art. 5. Les murs, la voûte et le fond des fosses seront entièrement construits en pierres meulières, maçonnées avec du mortier de chaux maigre et de sable de rivière bien lavé.

Les parois des fosses seront enduites de pareil mortier lissé à la truelle.

On ne pourra donner moins de 30 à 35 centimètres d'épaisseur aux voûtes, et moins de 45 à 50 centimètres aux massifs et aux murs.

Art. 6. Il est défendu d'établir des compartiments ou divisions dans les fosses, d'y construire des piliers et d'y faire des chaînes ou des arcs en pierres apparentes.

Cette défense n'est pas applicable aux séparations qui pourraient être autorisées dans l'intérêt de la salubrité.

Art. 7. Le fond des fosses d'aisances sera fait en forme de cuvette concave.

Tous les angles intérieurs seront effacés par des arrondissements de 25 centimètres de rayon.

Art. 8. Autant que les localités le permettront, les fosses d'aisances seront construites sur un plan circulaire, elliptique ou rectangulaire.

Est interdite toute construction de fosses à angles rentrants, hors le seul cas où la surface de la fosse serait au moins de 4 mètres carrés de chaque côté de l'angle, et alors il serait pratiqué de l'un et de l'autre côté une ouverture d'extraction.

Art. 9. Les fosses, quelle que soit leur capacité, ne pourront avoir moins de 2 mètres de hauteur sous clef.

Art. 10. Les fosses seront couvertes par une voûte en plein-cintre, ou qui n'en différera que d'un tiers de rayon.

Art. 11. L'ouverture d'extraction des matières sera placée au milieu de la voûte, autant que les localités le permettront.

La cheminée de cette ouverture ne devra point excéder $1^m,50$ de hauteur, à moins que les localités n'exigent impérieusement une plus grande hauteur.

Art. 12. L'ouverture d'extraction correspondant à une cheminée de $1^m.50$ au plus de hauteur ne pourra avoir moins de 1 mètre de longueur sur 65 centimètres de largeur.

Lorsque cette ouverture correspondra à une cheminée excédant $1^m,50$ de hauteur, les dimensions ci-dessus spécifiées seront augmentées de manière que l'une de ces dimensions soit égale aux deux tiers de la hauteur de la cheminée.

Art. 13. Il sera placé en outre à la voûte, dans la partie la plus éloignée du tuyau de chute et de l'ouverture d'extraction, si elle n'est pas dans le milieu, un tampon mobile, dont le diamètre ne pourra être moindre de 50 centimètres. Ce tampon sera en pierre, encastré dans un châssis en pierre, et garni dans son milieu d'un anneau en fer.

Art. 14. Néanmoins, ce tampon ne sera pas exigible pour les fosses dont la vidange se fera au niveau du rez-de-chaussée, et qui auront sur ce même sol des cabinets d'aisances avec trémie ou siége sans bonde, ni pour celles qui auront une superficie moindre de 6 mètres dans le fond, et dont l'ouverture d'extraction sera dans le milieu.

Art. 15. Le tuyau de chute sera toujours vertical.

Son diamètre intérieur ne pourra avoir moins de 25 centimètres s'il est en terre cuite, et de 20 centimètres s'il est en fonte.

Art. 16. Il sera établi, parallèlement au tuyau de chute, un tuyau d'évent, lequel sera conduit jusqu'à la hauteur des souches de cheminées de la maison ou de celles des maisons contiguës, si elles sont plus élevées.

Le diamètre de ce tuyau d'évent sera de 25 centimètres au moins; s'il excède cette dimension, il dispensera du tampon mobile.

Art. 17. L'orifice intérieur des tuyaux de chute et d'évent ne pourra être descendu au-dessous des points les plus élevés de l'intrados de la voûte.

SECTION II. — *Des constructions des fosses d'aisance dans les maisons existantes*

Art. 18. Les fosses actuellement pratiquées dans les puits, puisards, égouts anciens, aqueducs ou carrières abandonnées seront comblées ou reconstruites à la première vidange.

Art. 19. Les fosses situées sous le sol des caves, qui n'auraient point communication immédiate avec l'air extérieur seront comblées à la première vidange, si l'on ne peut pas établir cette communication.

Art. 20. Seront également comblées à la première vidange les fosses actuellement existantes dont l'ouverture d'extraction, dans les deux cas déterminés par l'article 12, n'aurait pas et ne pourrait avoir les dimensions prescrites par le même article; il en sera de même pour celles dont la vidange ne peut s'opérer que par des soupiraux ou des tuyaux.

Art. 21. Les fosses à compartiments ou étranglements seront comblées ou reconstruites à la première vidange, si ces étranglements ou compartiments sont reconnus dangereux.

Art. 22. Toutes les fosses des maisons existantes seront, en cas de reconstruction, établies suivant le mode prescrit par la première section du présent titre.

Néanmoins, le tuyau d'évent ne pourra être exigé que s'il est nécessaire de reconstruire un des murs en élévation au-dessus de ceux de la fosse, ou si ce tuyau peut se placer, soit intérieurement, soit extérieurement, sans altérer la décoration des maisons.

SECTION PREMIÈRE. — *De la vidange des fosses d'aisances*

ART. 23. L'ouverture d'extraction de toutes les fosses existantes sera agrandie, lors de la première vidange, si elle n'a pas les dimensions prescrites par l'art. 12 de la présente ordonnance.

ART. 24. Dans toutes les fosse dont la voûte aura besoin de réparations, il sera établi un tampon mobile, à moins qu'elles ne se trouvent dans le cas d'exception prévu par l'art. 14.

ART. 25. Les piliers isolés, établis dans les fosses, seront supprimés à la première vidange, ou l'intervalle entre les piliers et les murs sera rempli en maçonnerie toutes les fois que cet intervalle aura moins de 70 centimètres de largeur.

ART. 26. Lorsque le tuyau de chute ne communiquera avec la fosse que par un couloir ayant moins de 1 mètre de largeur, le fond de ce couloir sera établi en glacis jusqu'au fond de la fosse, sous une inclinaison de 45° au moins.

ART. 27. Toute fosse qui laisserait filtrer ses eaux par les murs ou par le fond sera réparée.

ART. 28. Les réparations consistant à faire des rejointements, à élargir l'ouverture d'extraction, placer un tampon mobile, rétablir les tuyaux de chute ou d'évent, reprendre la voûte et les murs, boucher ou élargir les étranglements, réparer le fond des fosses, supprimer des piliers, pourront être faites suivant les procédés employés à la construction première de la fosse.

ART. 29. Les réparations consistant dans la reconstruction entière d'un mur, de la voûte ou du massif du fond des fosses d'aisances, ne pourront être faites que suivant le mode indiqué ci-dessus pour les constructions neuves.

Il en sera de même pour l'enduit général, s'il y a lieu d'en revêtir les fosses.

ART. 30. Les propriétaires des maisons dont les fosses seront supprimées en vertu de la présente ordonnance seront tenus, s'il n'en existe pas d'autres qui offrent des privés suffisants, de les faire remplacer par des fosses construites conformément aux prescriptions de la première section du présent titre, ou par des fosses mobiles inodores, ou tous autres appareils remplissant les conditions énoncées en l'art. 1er.

TITRE III

FORMALITÉS A REMPLIR POUR LES CONSTRUCTIONS, RÉPARATIONS OU SUPPRESSION DES FOSSES D'AISANCES

ART. 31. Aucune fosse d'aisance ne pourra être construite, reconstruite ou réparée sans déclaration préalable au maire de la commune.

Cette déclaration sera faite par le propriétaire ou par l'entrepreneur qu'il aura chargé de l'exécution des travaux.

Dans le cas de construction ou de reconstruction, la déclaration devra être accompagnée du plan de la fosse à construire ou à reconstruire, et de celui de l'étage supérieur.

ART. 32. Il est défendu de combler des fosses d'aisances ou de les convertir en caves sans en avoir préalablement obtenu la permission du maire.

ART. 33. Il est interdit aux propriétaires ou entrepreneurs d'extraire ou de faire extraire par leurs ouvriers ou tous autres les eaux vannes et les matières qui se trouveraient dans les fosses.

Cette extraction ne pourra être faite que par un entrepreneur de vidange régulièrement autorisé.

ART. 34. Il est également interdit de faire couler dans la rue les eaux claires et sans

odeur qui reviendraient dans les fosses après la vidange, à moins d'y être spécialement autorisé par le maire.

Art. 35. Tout propriétaire faisant procéder à la réparation ou à la démolition d'une fosse, ou tout entrepreneur chargé des mêmes travaux, sera tenu, tant que dureront la démolition et l'extraction des pierres, d'avoir à l'extérieur de la fosse autant d'ouvriers qu'il en emploiera dans l'intérieur.

Art. 36. Chaque ouvrier travaillant à la démolition ou à l'extraction des pierres sera ceint d'un bridage dont l'attache sera tenue par un ouvrier placé à l'extérieur.

Art. 37. Les propriétaires et entrepreneurs sont, aux termes des lois, responsables des suites des contraventions aux quatre articles précédents.

Art. 38. Les fosses qui cesseront d'être en service pour un motif quelconque devront être vidées.

Art. 39. Toute fosse, avant d'être comblée, sera vidée et curée à fond.

Art. 40. Les fosses d'aisances des maisons qui doivent être démolies seront vidées avant que les travaux de démolition soient entrepris.

Art. 41. Toute fosse destinée à être convertie en cave sera curée avec soin, les joints en seront grattés à vif et les parties en mauvais état réparées, conformément aux dispositions prescrites au titre II de la présente ordonnance.

Art. 42. Si un ouvrier est frappé d'asphyxie en travaillant dans une fosse, les travaux seront suspendus à l'instant, et déclaration en sera faite dans le jour à la mairie.

Les travaux ne pourront être repris qu'avec les précautions et les mesures indiquées par l'autorité.

Art. 43. Tous matériaux provenant de la démolition des fosses d'aisances seront immédiatement enlevés.

Art. 44. Les fosses neuves, reconstruites ou réparées, ne pourront être mises en service et fermées qu'après qu'un agent délégué par la mairie en aura fait la réception et aura délivré un permis de fermer.

Art. 45. Pour l'exécution de l'article précédent, il devra être donné avis à la mairie de l'achèvement des travaux.

Art. 46. Tout propriétaire qui aura supprimé une ou plusieurs fosses d'aisances pour établir des appareils quelconques en tenant lieu, et qui, par la suite, renoncerait à l'usage desdits appareils, sera tenu de rendre à leur première destination les fosses d'aisances supprimées ou d'en construire de nouvelles.

Art. 47. Il est enjoint à tous propriétaires, locataires et concierges, de faciliter aux préposés de l'autorité municipale toutes visites ayant pour but de s'assurer de l'état des fosses d'aisances et de leurs dépendances.

TITRE IV

DE LA VIDANGE DES FOSSES D'AISANCES ET DU SERVICE DES FOSSES MOBILES

SECTION PREMIÈRE. — *De la vidange des fosses d'aisances*

Art. 48. Il est enjoint à tous propriétaires de maisons de faire procéder sans retard à la vidange des fosses d'aisances lorsqu'elles seront pleines.

Aucune vidange ne pourra être faite que par un entrepreneur dûment autorisé.

Art. 49. Nul ne pourra exercer la profession d'entrepreneur de vidanges dans une des communes rurales du ressort de la préfecture de police sans être pourvu d'une permission du maire de cette commune.

Cette permission ne sera délivrée qu'après qu'il aura été justifié par le demandeur : 1° qu'il possède les voitures, chevaux, tinettes, tonneaux, seaux et autres ustensiles nécessaires au service des vidanges; 2° qu'il est muni des appareils de désinfection dont l'admi-

nistration aura prescrit l'emploi ; 3° et qu'il a, pour déposer ses voitures, appareils et ustensiles pendant le temps où ils ne sont point employés aux opérations de la vidange, un emplacement convenable, situé dans une localité où l'administration aura reconnu que ce dépôt peut avoir lieu sans inconvénient.

Art. 50. La vidange ne peut avoir lieu que pendant la nuit.

Les voitures employées à ce service, chargées ou non chargées, ne pourront circuler dans l'intérieur des communes que pendant le temps qui aura été déterminé par les maires de ces communes.

Toutefois, l'extraction des matières ne pourra commencer, du 1er octobre au 31 mars, avant neuf heures du soir, et du 1er avril au 30 septembre, avant dix heures du soir, ni se prolonger, du 1er octobre au 31 mars, au delà de huit heures du matin, et du 1er avril au 30 septembre, au delà de sept heures du matin.

Art. 51. Toute voiture employée au transport des matières fécales portera devant et derrière un numéro d'ordre, et sera munie sur le devant d'une lanterne qui devra être allumée pendant la nuit, et porter sur le verre le plus apparent le numéro d'ordre de la voiture.

Chaque voiture portera en outre une plaque indiquant le nom et la demeure du propriétaire.

Les maires assigneront à chaque entrepreneur de vidanges la série des numéros d'ordre affectés à ses voitures, et détermineront les dimensions que devront avoir les numéros, tant sur les tonnes que sur les lanternes.

Art. 52. Les entrepreneurs faisant usage de tonnes seront tenus d'en fermer les bondes de déchargement au moyen d'une bande de fer transversale fixée à demeure à la tonne par l'une de ses extrémités, et fermée à l'autre par un cadenas.

Les écrous et rondelles soutenant la ferrure seront rivés à l'intérieur des tonnes.

L'entonnoir de décharge sera fermé de manière à préserver de toute éclaboussure.

Il est interdit d'employer au service de la vidange et de faire circuler les tonnes dont les bondes de déchargement ne seraient point fermées de la manière prescrite par le présent article.

Les cadenas apposés aux tonnes ne pourront être ouverts et refermés qu'à la voirie, par la personne préposée à cet effet.

En conséquence, il est interdit aux entrepreneurs de confier la clef desdits cadenas à aucune autre personne.

Art. 53. Il sera placé une lanterne allumée en saillie sur la voie publique, à la porte de la maison où devra s'opérer une vidange, et ce, préalablement à tout travail et à tout dépôt d'appareil sur la voie publique.

Art. 54. On ne pourra ouvrir aucune fosse d'aisances sans prendre les précautions nécessaires pour prévenir les accidents qui pourraient résulter du dégagement ou de l'inflammation des gaz qui y seraient renfermés.

Lorsque l'ouverture sera nécessitée par un motif autre que celui de la vidange, l'entrepreneur en donnera avis dans le jour à la mairie

Art. 55. La vidange d'une fosse d'aisances ne pourra avoir lieu sans que, préalablement, il en ait été fait, par écrit, une déclaration à la mairie, la veille ou le jour même de la vidange avant midi.

Cette déclaration énoncera le nom de la rue et le numéro de la maison, les noms et demeures du propriétaire et de l'entrepreneur de vidange, enfin le nombre des fosses à vider dans la même maison.

Art. 56. Lorsque l'entrepreneur n'aura pas pu trouver l'ouverture de la fosse, il ne pourra en faire rompre la voûte qu'en vertu d'une permission du maire.

L'ouverture pratiquée devra avoir les dimensions prescrites par l'article 12 de la présente ordonnance.

Art. 57. Les propriétaires et locataires ne devront pas s'opposer au dégorgement des tuyaux.

En cas de refus de leur part, la déclaration en sera faite par l'entrepreneur à la mairie.

Art. 58. L'entrepreneur fournira chaque atelier d'au moins deux bridages et d'un flacon e chlorure de chaux concentré, dont il sera fait usage au besoin pour prévenir les dangers d'asphyxie.

Art. 59. Il ne pourra être employé à chaque atelier moins de quatre ouvriers, dont un chef.

Art. 60. Il est défendu aux ouvriers de se présenter sur les ateliers en état d'ivresse. Il leur est également défendu de travailler à l'extraction des matières, même des eaux vannes, et de descendre dans les fosses, pour quelque cause que ce soit, sans être ceints d'un bridage.

La corde du bridage sera tenue par un ouvrier placé à l'extérieur. Nul ouvrier ne pourra se refuser à ce service.

Il est défendu aux entrepreneurs et chefs d'atelier de conserver sur leurs travaux des ouvriers qui seraient en contravention aux dispositions ci-dessus.

Art. 61. Pendant le temps du service, les vaisseaux, appareils et voitures doivent être placés dans l'intérieur des maisons toutes les fois qu'il y aura un emplacement suffisant pour les recevoir. Dans le cas contraire, ils seront rangés et disposés au-devant des maisons où se feront les vidanges, de manière à nuire le moins possible à la liberté de la circulation.

Art. 62. Les matières provenant de la vidange des fosses seront immédiatement déposées dans les récipients qui doivent servir à les transporter aux voiries. Ces vaisseaux seront, en conséquence, remplis auprès de l'ouverture des fosses, fermés, lutés et nettoyés ensuite avec soin à l'extérieur avant d'être portés aux voitures; toutefois, les eaux vannes seront extraites au moyen d'une pompe.

Il est expressément interdit de faire couler les eaux vannes ou de jeter des matières solides sur la voie publique ou dans les égouts.

Art. 63. Après le travail de chaque nuit, et avant de quitter l'atelier, les vidangeurs seront tenus de laver et nettoyer les emplacements qu'ils auront occupés.

Il leur est défendu de puiser de l'eau avec les seaux employés aux vidanges.

Art. 64. Le travail de la vidange de chaque fosse sera continué à nuits consécutives, en sorte que la vidange, interrompue à la fin d'une nuit, devra être reprise au commencement de la nuit suivante.

Lorsque les ouvriers auront été frappés du plomb (asphyxiés), le chef d'atelier suspendra la vidange, et l'entrepreneur sera tenu de faire, dans le jour. à la mairie, sa déclaration de suspension de travail.

Il ne pourra reprendre le travail qu'avec les précautions et mesures qui lui seront indiquées selon les circonstances.

Art. 65. Aucune fosse ne pourra être allégée sans une autorisation du maire.

Il est défendu aux entrepreneurs de laisser des matières au fond des fosses et de les masquer de quelque manière que ce soit.

Art. 66. Les fosses doivent être entièrement vidées, balayées et nettoyées.

Les ouvriers vidangeurs qui trouveront dans les fosses des effets quelconques, et notamment des objets pouvant indiquer ou faire supposer quelque crime ou délit, en feront la déclaration, dans le jour, soit au maire, soit au commissaire de police.

Art. 67. Il est défendu de laisser dans les maisons, au delà des heures fixées pour le travail, des vaisseaux ou appareils quelconques servant à la vidange des fosses d'aisances.

Les vaisseaux ou appareils contenant des matières, qui y seraient trouvées au delà desdites heures, seront, aux frais de l'entrepreneur, immédiatement enlevés d'office, et transportés à la voirie.

Art. 68. Néanmoins, toutes les fois que, dans l'impossibilité momentanée de se servir d'une fosse d'aisances, il sera reconnu nécessaire de placer dans la maison des tinettes ou tonneaux, le dépôt provisoire de ces vaisseaux pourra, sur la demande écrite du propriétaire ou du principal locataire, être autorisé par le maire ou le commissaire de police.

Ces appareils devront être enlevés aussitôt qu'ils seront pleins ou que la cause qui aura nécessité leur placement aura cessé.

Art. 69. Hors le temps du service, les tonnes, voitures, tinettes et tonneaux ne pour-

ront être déposés ailleurs que dans des emplacements agréés à cet effet par le maire.

ART. 70. Le repérage d'une fosse devra être déclaré de la même manière que sa vidange. Il sera effectué d'après le même mode et en observant les mêmes mesures de précaution.

ART. 71. Les eaux qui reviendraient dans toute fosse vidée et en cours de réparation devront être enlevées comme les matières de vidange.

Toutefois, lorsque la nature de ces eaux le permettra, et en vertu d'une autorisation spéciale du maire ou du commissaire de police, elles pourront être versées au ruisseau de de la rue, pendant la nuit.

ART. 72. Aucune fosse ne pourra être refermée après la vidange qu'en vertu d'une autorisation écrite qui sera délivrée par le maire ou la personne qu'il aura déléguée à cet effet.

Le propriétaire devra avoir sur place, jusqu'à ce qu'il ait reçu l'autorisation de fermer la fosse, une échelle convenable pour en faciliter la visite.

ART. 73. Dans le cas où la fosse aurait été fermée en contravention à l'article précédent, le propriétaire sera tenu de la faire rouvrir et laisser ouverte aux jour et heure indiqués par la sommation qui lui sera adressée à cet effet, pour que la visite en puisse être faite par qui de droit.

ART. 74. Aucune fosse précédemment comblée ne pourra être déblayé qu'en prenant, pour cette opération, les mêmes précautions que pour la vidange.

SECTION II. — *Service des fosses mobiles*

ART. 75. Il ne pourra être établi, dans les communes rurales du ressort de la préfecture de police, en remplacement des fosses en maçonnerie ou pour en tenir lieu, que des appareils approuvés par le préfet de police.

ART. 76. Aucun appareil de fosse mobile ne pourra être placé dans toute fosse supprimée dans laquelle il reviendrait des eaux quelconques.

ART. 77. Nul ne pourra exercer la profession d'entrepreneur de fosses mobiles dans une commune sans être pourvu d'une permission du maire de cette commune.

Cette permission ne sera délivrée qu'après qu'il aura été justifié par le demandeur :

1° Qu'il a les voitures, chevaux et appareils nécessaires au service des fosses mobiles;

2° Qu'il a, pour déposer les voitures et appareils, lorsqu'ils ne sont point en service, un emplacement convenable, agréé à cet effet par le maire.

ART. 78. Il est expressément défendu à toute personne non pourvue d'une permission d'entrepreneur de fosses mobiles de poser ou faire poser des appareils, même autorisés, dans une maison quelconque, et de s'immiscer en quoi que ce soit dans le service des fosses mobiles.

ART. 79. Le transport des appareils des fosses mobiles ne pourra avoir lieu que pendant les heures de la journée qui auront été fixées par le maire de la commune.

ART. 80. Aucun appareil ne pourra être placé sans une déclaration préalable à la mairie par le propriétaire ou par l'entrepreneur.

Toute suppression d'appareil doit également être déclarée à la mairie.

ART. 81. Les appareils devront être établis sur un sol rendu imperméable jusqu'à un mètre au moins au pourtour des appareils, autant que les localités le permettront, et disposé en forme de cuvette.

Les caveaux où se trouveront les appareils devront être constamment pourvus d'une échelle qui permette d'y descendre avec facilité et sans danger.

Les trappes qui fermeront l'ouverture de ces caveaux seront construites solidement et garnies d'un anneau en fer destiné à en faciliter la levée.

Il sera pris les dispositions nécessaires pour que les eaux pluviales et ménagères ne puissent pénétrer dans les caveaux.

ART. 82. Tout appareil plein devra être enlevé et remplacé avant que les matières débordent.

Tout enlèvement d'appareil devra être précédé d'une déclaration qui sera faite la veille à la mairie.

Art. 83. Les appareils seront fermés sur place, lutés et nettoyés ensuite avec soin avant d'être portés aux voitures.

Art. 84. Il est défendu de laisser dans les maisons d'autres appareils de fosses mobiles que ceux qui y sont en service.

Les appareils remplis de matières, remplacés et laissés dans les maisons, seront, aux frais de l'entrepreneur, immédiatement enlevés d'office et transportés à la voirie.

Il en sera de même de tout appareil en service dont les matières déborderont.

Art. 85. Il est expressément défendu de faire écouler les matières contenues dans les appareils à l'aide de cannelles ou de toute autre manière.

TITRE V

DISPOSITIONS COMMUNES AUX ENTREPRENEURS DE VIDANGES ET AUX ENTREPRENEURS DE FOSSES MOBILES

Art. 86. Les voitures servant au transport des matières fécales ne pourront passer que par les rues qui auront été désignées dans la déclaration de vidange.

Si le maire a fixé un itinéraire, elles devront le suivre.

Tout stationnement intermédiaire de ces voitures, du lieu du chargement à la voirie, est expressément interdit.

Art. 87. Les voitures de transport de vidanges devront être construites avec solidité, entretenues en bon état, et chargées de manière que les vaisseaux reposent toujours sur la partie opposée à leur ouverture.

rt. 88. Les vaisseaux ou appareils contenant des matières seront conduits directement aux voiries indiquées dans les déclarations de vidange ; ils seront constamment entretenus en bon état, de telle sorte que rien ne puisse s'en échapper ou se répandre.

Art. 89. En cas de versement de matières sur la voie publique, l'entrepreneur fera procéder immédiatement à leur enlèvement et au lavage du sol.

Faute par lui de se conformer aux dispositions du présent article, il y sera pourvu d'office et à ses frais.

Art. 90. Dans le cas où un entrepreneur cesserait de satisfaire aux conditions imposées par les articles 50 et 78, sa permission lui sera retirée.

TITRE VI

DÉSIGNATIONS DES COMMUNES AUXQUELLES LA PRÉSENTE ORDONNANCE EST APPLICABLE, ET DISPOSITIONS DIVERSES

Art. 91. Toutes les dispositions de la présente ordonnance sont applicables aux communes limitrophes de Paris et aux communes de Sceaux, Saint-Denis, Boulogne, Saint-Cloud, Sèvres et Meudon seulement.

Les maires de ces communes détermineront par des arrêtés le délai après lequel elle devra recevoir son exécution. Ce délai ne pourra excéder une année.

Art. 92. Quant aux communes non désignées à l'article précédent, elles ne seront soumises qu'aux prescriptions du § 1er de l'article 1er, aux termes desquels toute maison habitée doit être pourvue de privés en nombre suffisant.

Ces prescriptions seront obligatoires dans lesdites communes à partir du 1er juillet 1854.

Les maires pourront, par des arrêtés qui seront soumis à notre approbation, rendre toutes les autres dispositions de l'ordonnance applicables à tout ou partie de leurs com-

munes respectives, lorsqu'ils le jugeront à propos. Jusque-là, les privés prescrits par le premier paragraphe du présent article pourront être desservis par des fosses d'aisances établies d'après l'usage du lieu, ou dans des conditions déterminées par l'autorité municipale.

Art. 93. Les contraventions seront constatées par des procès-verbaux ou rapports qui seront déférés aux tribunaux compétents, sans préjudice des mesures administratives qui pourront être prises suivant les circonstances.

Art. 94. La présente ordonnance sera imprimée et affichée dans toutes les communes rurales du ressort de la préfecture de police.

Les maires de ces communes, ainsi que les commissaires de police, les architectes voyers, les gardes champêtres et la gendarmerie en surveilleront et assureront l'exécution, chacun en ce qui le concerne.

ÉTABLISSEMENTS INSALUBRES — ASSAINISSEMENT INDUSTRIEL

Les établissements insalubres sont régis par le Décret du 15 octobre 1810 ; dans ces derniers temps, des décrets spéciaux ont réglementé la vente et le transport de certaines matières inflammables, telles que le pétrole.

On trouvera dans le *Traité de l'assainissement industriel* de M. l'ingénieur de Freycinet, les progrès réalisés par les diverses industries, en France et à l'étranger, pour la protection des ouvriers qu'elles emploient et des populations qui les entourent.

Nous reproduirons, d'après M. de Freycinet, le décret de 1810 et ses principaux commentaires.

DÉCRET IMPÉRIAL RELATIF AUX MANUFACTURES ET ATELIERS QUI RÉPANDENT UNE ODEUR INSALUBRE OU INCOMMODE

« Napoléon, etc.

« Sur le rapport de notre ministre de l'intérieur ;

« Vu les plaintes portées par différents particuliers, contre les manufactures et ateliers dont l'exploitation donne lieu à des exhalaisons insalubres ou incommodes ;

« Le rapport fait sur ces établissements par la section de chimie de la classe des sciences physiques et mathématiques de l'Institut ;

« Notre conseil d'État entendu,

« Art. 1er. A compter de la publication du présent décret, les manufactures et ateliers qui *répandent une odeur* insalubre ou incommode ne pourront être formés sans une permission de l'autorité administrative : ces établissements seront divisés en trois classes.

« La première classe comprendra ceux qui doivent être éloignés des habitations particulières ;

« La seconde, les manufactures et ateliers dont l'éloignement des habitations n'est pas rigoureusement nécessaire, mais dont il importe néanmoins de ne permettre la formation qu'après avoir acquis la certitude que les opérations qu'on y pratique sont exécutées de manière à ne pas incommoder les propriétaires du voisinage, ni à leur causer des dommages.

« Dans la troisième classe seront placés les établissements qui peuvent rester sans inconvénient auprès des habitations, mais doivent rester soumis à la surveillance de la police.

« Art. 2. La permission nécessaire pour la formation des manufactures et ateliers compris dans la première classe sera accordée, avec les formalités ci-après, par un décret rendu en notre conseil d'État.

« Celle qu'exigera la mise en activité des établissements compris dans la seconde classe le sera par les préfets, sur l'avis des sous-préfets.

« Les permissions pour l'exploitation des établissements placés dans la dernière classe seront délivrées par les sous-préfets, qui prendront préalablement l'avis des maires.

« Art. 3. La permission pour les manufactures et fabriques de première classe ne sera accordée qu'avec les formalités suivantes :

« La demande en autorisation sera présentée au préfet, et affichée par son ordre, dans toutes les communes, à 5 kilomètres de rayon.

« Dans ce délai, tout particulier sera admis à présenter ses moyens d'opposition.

« Les maires des communes auront la même faculté.

« Art. 4. S'il y a des oppositions, le conseil de préfecture donnera son avis, sauf la décision au conseil d'État.

« Art. 5. S'il n'y a pas d'opposition, la permission sera accordée, s'il y a lieu, sur l'avis du préfet et le rapport de notre ministre de l'intérieur.

« Art. 6. S'il s'agit de fabriques de soude, ou si la fabrique doit être établie dans la ligne des douanes, notre directeur général des douanes sera consulté.

« Art. 7. L'autorisation de former des manufactures et ateliers compris dans la seconde classe ne sera accordée qu'après que les formalités suivantes auront été remplies.

« L'entrepreneur adressera d'abord sa demande au sous-préfet de son arrondissement, qui la transmettra au maire de la commune dans laquelle on projette de former l'établissement, en le chargeant de procéder à des informations *de commodo et incommodo*. Ces informations terminées, le sous-préfet prendra sur le tout un arrêté qu'il transmettra au préfet. Celui-ci statuera, sauf le recours à notre conseil d'État par toutes parties intéressées.

« S'il y a opposition, il y sera statué par le conseil de préfecture, sauf le recours au conseil d'État.

« Art. 8. Les manufactures et ateliers ou établissements portés dans la troisième classe ne pourront se former que sur la permission du préfet de police de Paris, et sur celle du maire dans les autres villes.

« S'il s'élève des réclamations contre la décision prise par le préfet de police ou les maires, sur une demande en formation de manufacture ou d'atelier compris dans la troisième classe, elles seront jugées au conseil de préfecture.

« Art. 9. L'autorité locale indiquera le lieu où les manufactures et ateliers compris dans la première classe pourront s'établir, et exprimera sa distance des habitations particulières. Tout individu qui ferait des constructions dans le voisinage de ces manufactures et ateliers, après que la formation en aura été permise, ne sera plus admis à en solliciter l'éloignement.

« Art. 10. La division en trois classes des établissements qui répandent une odeur insalubre ou incommode aura lieu conformément au tableau annexé au présent décret impérial. Elle servira de règle toutes les fois qu'il sera question de prononcer sur des demandes en formation de ces établissements.

« Art. 11. Les dispositions du présent décret n'auront point d'effet rétroactif ; en conséquence, tous les établissements qui sont aujourd'hui en activité continueront à être exploités librement, sauf les dommages dont pourront être passibles les entrepreneurs de ceux qui préjudicient aux propriétés de leurs voisins ; les dommages seront arbitrés par les tribunaux.

« Art. 12. Toutefois, en cas de graves inconvénients pour la salubrité publique, la culture ou l'intérêt général, les fabriques et ateliers de première classe qui les causent pourront être supprimés, en vertu d'un décret rendu en notre conseil d'État, après avoir

entendu la police locale, pris l'avis des préfets, reçu la défense des manufacturiers ou fabricants.

« Art. 13. Les établissements maintenus par l'article 11 cesseront de jouir de cet avantage, dès qu'ils seront transférés dans un autre emplacement ou qu'il y aura une interruption de six mois dans leurs travaux. Dans l'un et l'autre cas, ils rentreront dans la catégorie des établissements à former, et ils ne pourront être remis en activité qu'après avoir obtenu, s'il y a lieu, une nouvelle permission.

« Art. 14. Nos ministres de l'intérieur et de la police générale sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au Bulletin des lois. »

En conséquence de ce décret une nomenclature fut établie tendant à répartir les établissements en trois classes, suivant l'importance de leurs inconvénients. Cette nomenclature a beaucoup varié, depuis l'origine, à mesure que les progrès de la science chimique ont fait naître de nouvelles industries incommodes ou ont diminué les inconvénients de celles qui existaient déjà. Le dernier état officiel qui ait été dressé et qui est déjà lui-même en voie de remaniements, porte la date du 31 décembre 1866. Il a été élaboré par le Comité consultatif des arts et manufactures et est ainsi conçu :

NOMENCLATURE

DES ÉTABLISSEMENTS INSALUBRES, DANGEREUX OU INCOMMODES

ANNEXÉE AU DÉCRET

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES.	INCONVÉNIENTS.	CLASSES.
Abattoir public.	Odeur et altération des eaux.	1re
Absinthe. (Voir *Distillerie.*)		
Acide arsénique (Fabrication de l') au moyen de l'acide arsénieux et de l'acide azotique :		
1° Quand les produits nitreux ne sont pas absorbés. . .	Vapeurs nuisibles.	1re
2° Quand ils sont absorbés.	Idem.	2e
Acide chlorhydrique (Production de l') par décomposition des chlorures de magnésium, d'aluminium et autres :		
1° Quand l'acide n'est pas condensé.	Émanations nuisibles.	1re
2° Quand l'acide est condensé.	Émanations accidentelles. . .	2e
Acide muriatique. (Voir *Acide chlorhydrique.*)		
Acide nitrique.	Émanations nuisibles. . . .	3e
Acide oxalique (Fabrication de l') :		
1° Par l'acide nitrique.		
a. Sans destruction des gaz nuisibles.	Fumée.	1re
b. Avec destruction des gaz nuisibles.	Fumée accidentelle.	3e
2° Par la sciure de bois et la potasse.	Fumée.	2e
Acide picrique :		
1° Quand les gaz nuisibles ne sont pas brûlés.	Vapeurs nuisibles.	1re
2° Avec destruction des gaz nuisibles.	Idem.	3e
Acide pyroligneux (Fabrication de l') :		
1° Quand les produits gazeux ne sont pas brûlés.	Fumée et odeur.	2e
2° Quand les produits gazeux sont brûlés.	Idem.	3e
Acide pyroligneux (Purification de l').	Odeur.	2e
Acide stéarique (Fabrication de l') :		
1° Par distillation.	Odeur et danger d'incendie. .	1re
2° Par saponification.	Idem.	2e
Acide sulfurique (Fabrication de l') :		
1° Par combustion du soufre et des pyrites.	Émanations nuisibles. . . .	1re
2° De Nordhausen par la décomposition du sulfate de fer.	Idem.	3e
Acide urique. (Voir *Murexide.*)		
Acier (Fabrication de l').	Fumée.	3e
Affinage de l'or et de l'argent par les acides.	Émanations nuisibles. . . .	1re
Affinage des métaux au fourneau. (Voir *Grillage des minerais*).		
Albumine (Fabrication de l') au moyen du sérum frais du sang	Odeur.	3e
Alcali volatil. (Voir *Ammoniaque.*)		

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES.	INCONVÉNIENTS.	CLASSES.
Alcools autres que de vin, sans travail de rectification.. . .	Altération des eaux..	3e
— (Distillerie agricole.).	Idem.	3e
Alcool (Rectification de l').	Danger d'incendie.	2e
Agglomérés ou briquettes de houille (Fabrication des) :		
1° Au brai gras.	Odeur, danger d'incendie.. .	2e
2° Au brai sec.	Odeur..	3e
Aldéhyde (Fabrication de l')..	Danger d'incendie.	1re
Allumettes (Fabrication des) avec matières détonantes et fulminantes.	Danger d'explosion et d'incendie..	1re
Alun (Voir *Sulfate d'alumine*.)		
Amidonneries :		
1° Par fermentation.	Odeur, émanations nuisibles et altération des eaux. . .	1re
2° Par séparation du gluten et sans fermentation. . . .	Altération des eaux..	2e
Ammoniaque (Fabrication en grand de l') par la décomposition des sels ammoniacaux..	Odeur.	3e
Amorces fulminantes (Fabrication des).	Danger d'explosion.	1re
Appareils de réfrigération :		
1° A ammoniaque.	Odeur.	3e
2° A éther ou autres liquides volatils et combustibles. .	Danger d'explosion et d'incendie..	3e
Arcansons ou résines de pin. (Voir *Résines*, etc.)		
Argenture sur métaux. (Voir *Dorure et argenture*.)		
Arséniate de potasse (Fabrication de l') au moyen du salpêtre :		
1° Quand les vapeurs ne sont pas absorbées..	Émanations nuisibles.. . . .	1re
2° Quand les vapeurs sont absorbées..	Émanations accidentelles.. .	2e
Artifices (Fabrication des pièces d').	Danger d'incendie et d'explosion..	1re
Asphaltes, bitumes, brais et matières bitumineuses solides (Dépôt d').	Odeur, danger d'incendie.. .	3e
Asphaltes et bitumes (Travail des) à feu nu.	Idem..	2e
Ateliers de construction de machines et wagons oir *Machines et Wagons*.)		
Bâches imperméables (Fabrication des) :		
1° Avec cuisson des huiles.	Danger d'incendie.	1re
2° Sans cuisson des huiles.	Idem..	2e
Baleine (Travail des fanons de). (Voir *Fanons de baleine*.)		
Baryte (Décoloration du sulfate de) au moyen de l'acide chlorhydrique à vases ouverts.	Émanations nuisibles.. . . .	2e
Battage, cardage et épuration des laines, crins et plumes de literie.	Odeur et poussière.	3e
Battage des cuirs (Marteaux pour le).	Bruit et ébranlement.	3e
Battage et lavage (Ateliers spéciaux pour les) des fils de laine, bourres et déchets de filature de laine et de soie dans les villes.	Bruit et poussière.	3e
Battage des tapis en grand	Idem..	2e
Batteurs d'or et d'argent.	Bruit.	3e
Battoirs à écorces dans les villes	Bruit et poussière.	3e
Benzine (Fabrication et dépôts de). (Voir *Huile de pétrole, de schiste, etc.*		
Bitumes et asphaltes (Fabrication et dépôts de). (Voir *Asphaltes, bitumes, etc.*)		

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES.	INCONVÉNIENTS.	CLASSES.
Blanc de plomb. (Voir *Céruse*.)		
Blanc de zinc (Fabrication de) par la combustion du métal..	Fumées métalliques.	3e
Blanchiment :		
1° Des fils, des toiles et de la pâte à papier par le chlore.	Odeur, émanations nuisibles.	2e
2° Des fils et tissus de lin, de chanvre et de coton, par les chlorures (hypochlorites) alcalins.	Odeur, altération des eaux. .	3e
3° Des fils et tissus de laine et de soie par l'acide sulfureux.	Émanations nuisibles.. . . .	2e
Bleu de Prusse (Fabrication de). (Voir *Cyanure de potassium*.)		
Boues et immondices (Dépôts de) et voiries.	Odeur.	1re
Bougies de paraffine et autres d'origine minérale (Moulage des)..	Odeur, danger d'incendie. . .	3e
Bougies et autres objets en cire et en acide stéarique. . . .	Danger d'incendie.	3e
Bouillon de bière (Distillation de). (Voir *Distilleries*.)		
Bourre (Voir *Battage*.)		
Boutonniers et autres emboutisseurs de métaux par moyens mécaniques.	Bruit.	3e
Boyauderies. (Travail des boyaux frais pour tous usages.).. .	Odeur, émanations nuisibles.	1re
Boyaux et pieds d'animaux abattus (Dépôts de). (Voir *Chairs et débris*.)		
Brasseries.	Odeur.	3e
Briqueteries avec fours non fumivores.	Fumée..	3e
Briquettes ou agglomérés de houille. (Voir *Agglomérés*.)		
Brûleries des galons et tissus d'or ou d'argent. (Voir *Galons*.)		
Buanderies.	Altération des eaux..	3e
Café (Torréfaction en grand du)..	Odeur et fumée.	3e
Caillettes et caillons pour la confection des fromages. (Voir *Chairs et débris, etc.*)		
Cailloux (Fours pour la calcination des)..	Fumée..	3e
Calcination des cailloux. (Voir *Cailloux*.)		
Carbonisation du bois :		
1° A l'air libre dans les établissements permanents et autre part qu'en forêt..	Odeur et fumée.	2e
2° En vase clos { avec dégagement dans l'air des produits gazeux de la distillation. . . .	Idem..	2e
2° En vase clos { avec combustion des produits gazeux de la distillation.	Idem..	3e
Carbonisation des matières animales en général.	Odeur.	1re
Caoutchouc (Travail du) avec emploi d'huiles essentielles ou du sulfure de carbone.	Odeur, danger d'incendie.. .	2e
Caoutchouc (Application des enduits du).	Danger d'incendie.	2e
Cartonniers.	Odeur..	3e
Cendres d'orfévre (Traitement des) par le plomb..	Fumées métalliques.	3e
Cendres gravelées :		
1° Avec dégagement de la fumée au dehors.	Fumée et odeur.	1re
2° Avec combustion ou condensation des fumées. . . .	Idem..	2e
Céruse ou blanc de plomb (Fabrication de la).	Émanations nuisibles.. . . .	3e
Chairs, débris et issues (Dépôts de) provenant de l'abatage des animaux..	Odeur.	1re
Chamoiseries..	Idem..	2e
Chandelles (Fabrication des).	Odeur, danger d'incendie.. .	3e
Chantiers de bois à brûler dans les villes..	Émanations nuisibles, danger d'incendie.	3e

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES.	INCONVÉNIENTS.	CLASSES.
Chanvre (Teillage et rouissage du) en grand. (Voir aux mots *Teillage* et *Rouissage*.)		
Chanvre imperméable. (Voir *Feutre goudronné*.)		
Chapeau de feutre (Fabrication de).	Odeur et poussière.	3e
Chapeaux de soie ou autres préparés au moyen d'un vernis (Fabrication de).	Danger d'incendie.	2e
Charbons agglomérés. (Voir *Agglomérés*.)		
Charbon animal (Fabrication ou revivification du). (Voir *Carbonisation des matières animales*.)		
Charbon de bois dans les villes (Dépôts ou magasins de).. .	Danger d'incendie.	3e
Charbons de terre. (Voir *Houille et Coke*.)		
Chaudronnerie. (Voir *Forges de grosses œuvres*.)		
1° Permanente..	Fumée, poussière.	2e
2° Ne travaillant pas plus d'un mois par an.	Idem.	3e
Chaux (Fours à).		
Chiens (Infirmeries de).	Odeur et bruit.	1re
Chiffons (Dépôts de).	Odeur.	3e
Chlore (Fabrication du).	Idem.	2e
Chlorure de chaux (Fabrication du) :		
1° En grand..	Odeur.	2e
2° Dans des ateliers fabricant au plus 300 kilogrammes par jour..	Idem.	3e
Chlorures alcalins, eau de javelle (Fabrication des)..	Idem..	2e
Chromate de potasse (Fabrication du)..	Idem..	3e
Chrysalides (Ateliers pour l'extraction des parties soyeuses des)..	Idem..	1re
Cire à cacheter (Fabrication de la).	Danger d'incendie.	3e
Cochenille ammoniacale (Fabrication de la)..	Odeur.	3e
Cocons :		
1° Traitement des frisons de cocons.	Altération des eaux..	2e
2° Filature de cocons. (Voir *Filature*.)		
Coke (Fabrication du) :		
1° En plein air ou en fours non fumivores.	Fumée et poussière..	1re
2° En fours fumivores.	Poussière.	2e
Colle forte (Fabrication de a).	Odeur, altération des eaux. .	1re
Combustion des plantes marines dans les établissements permanents..	Odeur et fumée..	1re
Construction (Ateliers de). (Voir *Machines et wagons*.). . .		
Cordes à instruments en boyaux (Fabrication de). (Voir *Boyauderies*.)		
Corroieries.	Odeur.	2e
Coton et coton gras (Blanchisserie des déchets de).	Altération des eaux..	3e
Cretons (Fabrication de).	Odeur et danger d'incendie. .	1re
Crins (Teinture des). (Voir *Teintureries*.)		
Crins et soies de porc (Préparation des) sans fermentation. (Voir aussi *Soies de porc par fermentation*.).	Odeur et poussière..	2e
Cristaux (Fabrication de). (Voir *Verreries, etc.*)		
Cuirs vernis (Fabrication de)..	Odeur et danger d'incendie..	1re
Cuirs verts et peaux fraîches (Dépôts de).	Odeur.	2e
Cuivre (Dérochage du) par les acides..	Odeur, émanations nuisibles..	3e
Cuivre (Fonte du). (Voir *Fonderies, etc.*)		
Cyanure de potassium et bleu de Prusse (Fabrication de)		

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES.	INCONVÉNIENTS.	CLASSES.
1° Par la calcination directe des matières animales avec la potasse..	Odeur.	1re
2° Par l'emploi de matières préalablement carbonisées en vases clos.	Idem.	2e
Cyanure rouge de potassium ou prussiate rouge de potasse.	Émanations nuisibles..	3e
Débris d'animaux (Dépôts de). (Voir *Chairs, etc.*)		
Déchets de matières filamenteuses (Dépôts de) en grand dans les villes.	Danger d'incendie.	3e
Dégras ou huile épaisse à l'usage des chamoiseurs et corroyeurs (Fabrication de).	Odeur, danger d'incendie.	1re
Dégraissage des tissus et déchets de laine par les huiles de pétrole et autres hydrocarbures..	Danger d'incendie.	1re
Dérochage du cuivre. (Voir *Cuivre.*)		
Distilleries en général, eau-de-vie, genièvre, kirsch, absinthe et autres liqueurs alcooliques..	Idem.	3e
Dorure et argenture sur métaux.	Émanations nuisibles..	3e
Eau de Javelle (Fabrication d'). Voir *Chlorures alcalins.*)		
Eau-de-vie. (Voir *Distilleries.*)		
Eau-forte. (Voir *Acide nitrique.*)		
Eaux grasses (Extraction pour la fabrication du savon et autres usages, des huiles contenues dans les) :		
1° En vases ouverts.	Odeur, danger d'incendie..	1re
2° En vases clos..	Idem.	2e
Eaux savonneuses des fabriques. (Voir *Huiles extraites des débris d'animaux.*)		
Échaudoirs :		
1° Pour la préparation industrielle des débris d'animaux.	Odeur.	1re
2° Pour la préparation des parties d'animaux propres à l'alimentation.	Idem.	3e
Émail (Application de l') sur les métaux.	Fumée..	3e
Émaux (Fabrication d') avec fours non fumivores..	Idem.	3e
Encre d'imprimerie (Fabrique d')..	Odeur, danger d'incendie.	1re
Engrais (Fabrication des) au moyen des matières animales..	Odeur.	1re
Engrais (Dépôts d') au moyen des matières provenant de vidanges ou de débris d'animaux :		
1° Non préparés ou en magasin non couvert.	Idem..	1re
2° Desséchés ou désinfectés et en magasin couvert, quand la quantité excède 25,000 kilogrammes..	Idem..	2e
3° Les mêmes, quand la quantité est inférieure à 25,000 kilogrammes..	Idem.	3e
Engraissement des volailles dans les villes (Établissement pour l')..	Idem.	3e
Éponges (Lavage et séchage des).	Odeur et altération des eaux..	3e
Équarrissage des animaux.	Odeur, émanations nuisibles..	1re
Étamage des glaces.	Émanations nuisibles..	3e
Éther (Fabrication et dépôts d')..	Danger d'incendie et d'explosion.	1re
Étoupilles (Fabrication d') avec matières explosives..	Danger d'explosion et d'incendie..	1re
Faïence (Fabrique de) :		
1° Avec fours non fumivores.	Fumée..	2e
2° Avec fours fumivores.	Fumee accidentelle..	3e
Fanons de baleine (Travail des).	Émanations incommodes.	3e
Farines (Moulins à). Voir *Moulins.*)		

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES.	INCONVÉNIENTS.	CLASSES.
Féculeries	Odeur, altération des eaux	3e
Fer-blanc (Fabrication du)	Fumée	3e
Feutres et visières vernis (Fabrication de)	Odeur, danger d'incendie	1re
Feutre goudronné (Fabrication du)	Idem	2e
Filature des cocons (Ateliers dans lesquels la) s'opère en grand, c'est-à-dire employant au moins six tours	Odeur, altération des eaux	3e
Fonderie de cuivre, laiton et bronze	Fumées métalliques	3e
Fonderies en 2e fusion	Fumée	3e
Fonte et laminage du plomb, du zinc et du cuivre	Bruit, fumée	3e
Forges et chaudronneries de grosses œuvres employant des marteaux mécaniques	Fumée, bruit	2e
Formes en tôle pour raffinerie. (Voir *Tôles vernies*.)		
Fourneaux à charbon de bois. (Voir *Carbonisation du bois*.)		
Fourneaux (Hauts)	Fumée et poussière	2e
Fours pour la calcination des cailloux. (Voir *Cailloux*.)		
Fours à plâtre et fours à chaux. (Voir *Plâtre*, *Chaux*.)		
Fromages (Dépôts de) dans les villes	Odeur	3e
Fulminate de mercure (Fabrication du)	Danger d'explosion et d'incendie	1re
Galipots ou résines de pin. (Voir *Résines*.)		
Galons et tissus d'or et d'argent (Brûleries en grand des) dans les villes	Odeur	2e
Gaz, goudrons des usines. (Voir *Goudrons*.)		
Gaz d'éclairage et de chauffage (Fabrication du) :		
1° Pour l'usage public	Odeur, danger d'incendie	2e
2° Pour l'usage particulier	Idem	3e
Gazomètres pour l'usage particulier, non attenants aux usines de fabrication	Idem	3e
Gélatine alimentaire et gélatines provenant de peaux blanches et de peaux fraîches non tannées (Fabrication de la)	Odeur	3e
Générateurs à vapeur. (Régime spécial.)		
Genièvre. (Voir *Distilleries*.)		
Glaces (Étamage des). (Voir *Etamage*.)		
Glace (Voir *Appareils de réfrigération*.)		
Goudrons (Usines spéciales pour l'élaboration des) d'origines diverses	Odeur, danger d'incendie	1re
Goudrons (Traitement des) dans les usines à gaz où ils se produisent	Odeur, danger d'incendie	2e
Goudrons et matières bitumineuses fluides (Dépôts de)	Idem	2e
Goudrons et brais végétaux d'origines diverses (Élaboration des)	Idem	1re
Graisses à feu nu (Fonte des)	Idem	1re
Graisses pour voitures (Fabrication des)	Idem	1re
Grillage des minerais sulfureux	Fumée, émanations nuisibles	1re
Guano (Dépôts de) :		
1° Quand l'approvisionnement excède 25,000 kilog	Odeur	1re
2° Pour la vente au détail	Idem	3e
Harengs (Saurage des)	Idem	3e
Hongroieries	Idem	3e
Houille (Agglomérés de). (Voir *Agglomérés*.)		
Huiles de Bergues (Fabrique d'). (Voir *Dégras*.)		

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES.	INCONVÉNIENTS.	CLASSES.
Huile de pétrole, de schiste et de goudron, essences et autres hydrocarbures employés pour l'éclairage, le chauffage, la fabrication des couleurs et vernis, le dégraissage des étoffes et autres usages :		
1° Fabrication, distillation et travail en grand.	Odeur et danger d'incendie. .	1re
2° Dépôts.		
a. Substances très-inflammables, c'est-à-dire émettant des vapeurs susceptibles de prendre feu (*) à une température de moins de 35 degrés :		
1° Si la quantité emmagasinée est, même temporairement, de 1,050 litres ou plus.	Idem.	1re
2° Si la quantité supérieure à 150 litres n'atteint pas 1,050 litres.	Idem.	2e
b. Substances moins inflammables, c'est-à-dire n'émettant de vapeurs susceptibles de prendre feu (*) qu'à une température de 35 degrés et au-dessus.		
1° Si la quantité emmagasinée est, même temporairement de 10,500 litres (**) ou plus.	Idem.	1re
2° Si la quantité emmagasinée supérieure à 1,050 litres n'atteint pas 10.500 litres.	Idem.	2e
Huile de pieds de bœuf (Fabrication d') :		
1° Avec l'emploi de matières en putréfaction.	Odeur.	1re
2° Quand les matières employées ne sont pas putréfiées.	Idem.	2e
Huiles de poisson (Fabrique d').	Odeur, danger d'incendie. . .	1re
Huile épaisse ou dégras. (Voir *Dégras*.)		
Huiles de résine (Fabrication des).	Idem.	1re
Huileries ou moulins à huile.	Odeur, danger d'incendie. . .	3e
Huiles (Épuration des).	Idem.	3e
Huiles essentielles ou essences de thérébenthine, d'aspic et autres. (Voir *Huiles de pétrole, de schiste, etc.*)		
Huiles et autres corps gras extraits des débris des matières animales (Extraction des).	Idem.	1re
Huiles extraites des schistes bitumineux. (Voir *Huiles de pétrole, de schiste, etc.*)		
Huiles (Mélange à chaux ou cuisson des) :		
1° En vases ouverts.	Idem.	1re
2° En vases clos.	Idem.	2e
Huiles rousses (Fabrication des) par extraction des cretons et débris de graisse à haute température.	Idem.	1re
Impressions sur étoffes. (Voir *Toiles peintes*.)		
Jute (Teillage du). (Voir *Teillage*.)		
Kirsch. (Voir *Distilleries*.)		
Laine (Voir *Battage*.)		
Laiteries en grand dans les villes.	Odeur.	2e
Lard (Atelier à enfumer le).	Odeur et fumée.	3e
Lavage des cocons. (Voir *Cocons*.)		
Lavage et séchage des éponges. (Voir *Éponges*.)		
Lavoirs à houille.	Altération des eaux.	3e
Lavoirs à laine.	Idem.	3e
Lignites (Incinération des).	Fumée, émanations nuisibles.	1re
Lin (Teillage en grand du). (Voir *Teillage*.)		

(*) Au contact d'une allumette enflammée.
(**) Le fût généralement adopté par le commerce pour les pétroles est de 150 litres ; 1,050 litres représentent donc sept desdits fûts.

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES.	INCONVÉNIENTS.	CLASSES.
Lin (Rouissage du). (Voir *Rouissage*.)		
Liquides pour l'éclairage (Dépôts de) au moyen de l'alcool des huiles essentielles	Danger d'incendie et d'explosion	2e
Liqueurs alcooliques. (Voir *Distilleries*.)		
Litharge (Fabrication de)	Poussière nuisible	3e
Machines et wagons (Ateliers de construction de)	Bruit, fumée	2e
Machines à vapeur. (Voir *Générateurs*.)		
Maroquineries	Odeur	3e
Massicot (Fabrication du)	Émanations nuisibles	3e
Mégisseries	Odeur	3e
Mélanges d'huiles. (Voir *Huiles, mélanges, etc.*)		
Ménageries	Danger des animaux	1re
Métaux (Ateliers de) pour construction de machines et appareils. (Voir *Machines*.)		
Minium (Fabrication du)	Émanations nuisibles	3e
Morues (Sécheries des)	Odeur	2e
Moulins à broyer le plâtre, la chaux, les cailloux et les pouzzolanes	Poussière	3e
Moulins à huile. (Voir *Huileries*.)		
Murexide (Fabrication de la) en vase clos par la réaction de l'acide azotique et de l'acide urique du guano	Émanations nuisibles	2e
Nitrate de fer (Fabrication du) :		
1° Lorsque les vapeurs nuisibles ne sont pas absorbées ou décomposées	Idem	1re
2° Dans le cas contraire	Idem	3e
Nitro-benzine, aniline et matières dérivant de la benzine (Fabrication de la)	Odeur, émanations nuisibles et danger d'incendie	2e
Noir des raffineries et des sucreries (Révivification du)	Émanations nuisibles, odeur	2e
Noir de fumée (Fabrication du) par la distillation de la houille, des goudrons, bitumes, etc.	Fumée, odeur	2e
Noir d'ivoire et noir animal (Distillation des os ou fabrication du) :		
1° Lorsqu'on n'y brûle pas les gaz	Odeur	1re
2° Lorsque les gaz sont brûlés	Idem	2e
Noir minéral (Fabrication du) par le broyage des résidus de la distillation des schistes bitumineux	Odeur et poussière	3e
Oignons (Dessiccation des) dans les villes	Odeur	2e
Olives (Confiserie des)	Altération des eaux	3e
Olives (Tourteaux d'). (Voir *Tourteaux*.)		
Orseille (Fabrication de l') :		
1° En vases ouverts	Odeur	1re
2° A vases clos, et employant l'ammoniaque à l'exclusion de l'urine	Idem	3e
Os (Torréfaction des) pour engrais :		
1° Lorsque les gaz ne sont pas brûlés	Odeur et danger d'incendie	1re
2° Lorsque les gaz sont brûlés	Idem	2e
Os d'animaux (Calcination des). (Voir *Carbonisation des matières animales*.)		
Os frais (Dépôts d') en grand	Odeur, émanations nuisibles	1re
Ouates (Fabrication des)	Poussière et danger d'incendie	3e

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES.	INCONVÉNIENTS.	CLASSES.
Papiers (Fabrication de).	Danger d'incendie.	3e
Pâte à papier (Préparation de la) au moyen de la paille et autres matières combustibles.	Altération des eaux.	3e
Parchemineries.	Odeur.	2e
Peaux de lièvre et de lapin. (Voir *Sécrétage.*)		
Peaux de mouton (Séchage des).		
Peaux fraîches. (Voir *Cuirs verts.*).	Odeur et poussière.	3e
Perchlorure de fer par dissolution du peroxyde de fer (Fabrication de).	Émanations nuisibles.	3e
Pétrole. (Voir *Huiles de pétrole.*)		
Phosphore (Fabrication de).	Danger d'incendie.	1re
Pileries mécaniques des drogues.	Bruit et poussière.	3e
Pipes à fumer (Fabrication des) :		
1° Avec fours non fumivores.	Fumée.	2e
2° Avec fours fumivores.	Fumée accidentelle.	3e
Plantes marines. (Voir *Combustion des plantes marines.*)		
Plâtre (Fours à) :		
1° Permanents.	Fumée et poussière.	2e
2° Ne travaillant pas plus d'un mois.	Idem.	3e
Plomb (Fonte et laminage du). (Voir *Fonte, etc.*)		
Poêliers fournalistes, Poêles et fourneaux en faïence et terre cuite. (Voir *Faïence.*)		
Poils de lièvre et de lapin. (Voir *Sécrétage.*)		
Poissons salés (Dépôts de).	Odeur incommode.	2e
Porcelaine (Fabrication de) :		
1° Avec fours non fumivores.	Fumée.	2e
2° Avec fours fumivores.	Fumée accidentelle.	3e
Porcheries.	Odeur, bruit.	1re
Potasse (Fabrication de) par calcination des résidus de mélasse.	Fumée et odeur.	2e
Potasse (Voir *Chromate de potasse.*)		
Poteries de terre (Fabrication de) avec fours non fumivores.	Fumée.	3e
Poudres et matières fulminantes (Fabrication de). Voir aussi *Fulminate de mercure.*).	Danger d'explosion et d'incendie.	1re
Poudrette (Fabrication de) et autres engrais au moyen de matières animales.	Odeur et altération des eaux.	
Poudrette (Dépôts de). (Voir *Engrais.*)		
Pouzzolane artificielle (Fours à).	Fumée.	3e
Protochlorure d'étain ou sel d'étain (Fabrication du).	Émanations nuisibles.	2e
Prussiate de potasse. (Voir *Cyanure de potassium.*)		
Pulpes de pommes de terre. (Voir *Féculeries.*)		
Raffineries et fabriques de sucre.	Fumée, odeur.	2e
Résines, galipots et arcansons (Travail en grand pour la fonte et l'épuration des).	Odeur, danger d'incendie.	1re
Rogues (Dépôts de salaisons liquides connues sous le nom de).	Odeur.	2e
Rouge de Prusse et d'Angleterre.	Émanations nuisibles.	1re
Rouissage en grand du chanvre et du lin.	Émanations nuisibles et altération des eaux.	1re
Rouissage en grand du chanvre et du lin par l'action des acides, de l'eau chaude et de la vapeur.	Idem.	2e
Sabots (Ateliers à enfumer les) par la combustion de la corne ou d'autres matières animales dans les villes.	Odeur et fumée.	1re

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES.	INCONVÉNIENTS.	CLASSES.
Salaison et préparation des viandes.	Odeur.	3e
Salaisons (Ateliers pour les) et le saurage des poissons. . . .	Idem.	2e
Salaisons (Dépôts de) dans les villes.	Idem.	3e
Sang :		
1° Ateliers pour la séparation de la fibrine, de l'albumine, etc.	Idem.	1re
2° (Dépôt de) pour la fabrication du bleu de Prusse et autres industries.	Idem.	1re
3° (Fabrique de poudre de) pour la clarification des vins.	Idem.	1re
Sardines (Fabriques de conserves de) dans les villes.	Idem.	2e
Saucissons (Fabrication en grand de).	Idem.	2e
Saurage des harengs. (Voir *Harengs*.)		
Savonneries.	Idem.	3e
Schistes bitumineux. (Voir *Huiles de pétrole, de schiste, etc.*)		
Séchage des éponges. (Voir *Eponges*.)		
Sécheries de morues (Voir *Morues*.)		
Secrétage de peaux ou poils de lièvre et de lapin.	Odeur.	2e
Sel ammoniac et sulfate d'ammoniaque (Fabrication du) par l'emploi des matières animales.	Odeur, émanations nuisibles.	2e
Sel ammoniac extrait des eaux d'épuration du gaz (Fabrique spéciale de).	Odeur.	2e
Sel de soude (Fabrication du) avec le sulfate de soude. . . .	Fumée, émanations nuisibles.	3e
Sel d'étain. (Voir *Protochlorure d'étain*.)		
Sirops de fécule et glucose (Fabrication des).	Odeur.	3e
Soie (Voir *Chapeaux*.)		
Soie (Voir *Filature*.)		
Soies de porcs (Préparation des) :		
1° Par fermentation.	Idem.	1re
2° Sans fermentation. (Voir *Crins et soies de porcs*.)		
Soude (Voir *Sulfate de soude*.)		
Soudes brutes de varech (Fabrication des) dans les établissements permanents.	Odeur et fumée.	1re
Soufre (Fusion ou distillation du).	Émanations nuisibles, danger d'incendie.	2e
Soufre (Pulvérisation et blutage du).	Poussière, danger d'incendie	3e
Sucre. (Voir *Raffineries et fabriques de sucre*.)		
Suif brun (Fabrication du).	Odeur, danger d'incendie. . .	1re
Suif en branches (Fonderies de) :		
1° A feu nu.	Idem.	1re
2° Au bain-marie ou à la vapeur.	Odeur.	2e
Suif d'os (Fabrication du).	Odeur, altération des eaux, danger d'incendie.	1re
Sulfate d'ammonique (Fabrication du) par le moyen de la distillation des matières animales.	Odeur.	1re
Sulfate de baryte. (Voir *Baryte*.)		
Sulfate de cuivre (Fabrication du) au moyen du grillage des pyrites.	Émanations nuisibles et fumée.	1re
Sulfate de mercure (Fabrication du) :		
1° Quand les vapeurs ne sont pas absorbées.	Émanations nuisibles.	1re
2° Quand les vapeurs sont absorbées.	Émanations moindres.	2e
Sulfate de peroxyde de fer (Fabrication du) par le sulfate de protoxyde de fer et l'acide nitrique (nitro-sulfate de fer).	Émanations nuisibles. . . .	2e

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES.	INCONVÉNIENTS.	CLASSES.
Sulfate de protoxyde de fer ou couperose verte par l'action de l'acide sulfurique sur la ferraille (Fabrication en grand du).	Fumée, émanations nuisibles.	3e
Sulfate de soude (Fabrication du) :		
1° Par la décomposition du sel marin par l'acide sulfurique, sans condensation de l'acide chlorhydrique. .	Émanations nuisibles.	1re
2° Avec condensation complète de l'acide chlorhydrique.	Idem.	2e
Sulfate de fer, d'alumine et alun (Fabrication par le lavage des terres pyriteuses et alumineuses grillées du).	Fumée et altération des eaux.	3e
Sulfure de carbone (Fabrication du).	Odeur, danger d'incendie. . .	1re
Sulfure de carbone (Manufactures dans lesquelles on emploie en grand le).	Danger d'incendie.	1re
Sulfure de carbone (Dépôts de). (Suivant le régime des huiles de pétrole.).		
Sulfures métalliques. (Voir *Grillage des minerais sulfureux*).		
Tabacs (Manufacture de).	Odeur et poussière.	2e
Tabac (Incinération des côtes de).	Odeur et fumée.	1re
Tabatières en carton (Fabrication des).	Odeur et danger d'incendie. .	3e
Taffetas et toiles vernis ou cirés (Fabrication de).	Idem.	1re
Tan (Moulins à).	Bruit et poussière.	3e
Tanneries.	Odeur.	2e
Teinturiers.	Odeur et altération des eaux.	3e
Teintureries de peaux.	Odeur.	3e
Terres émaillées (Fabrication de) :		
1° Avec fours non fumivores.	Fumée.	2e
2° Avec fours fumivores.	Fumée accidentelle.	3e
Terres pyriteuses et alumineuses (Grillage des).	Fumée, émanations nuisibles	1re
Teillage du lin, du chanvre et du jute en grand.	Poussière et bruit.	2e
Térébenthine (Distillation et travail en grand de la). (Voir *Huiles de pétrole, de schiste, etc.*		
Tissus d'or et d'argent (Brûleries en grand des). (Voir *Galons*.)		
Toiles cirées. (Voir *Taffetas et toiles vernies*.)		
Toiles (Blanchiment des). (Voir *Blanchiment*.)		
Toiles grasses pour emballage, tissus, cordes goudronnées, papiers goudronnés, cartons et tuyaux bituminés (Fabrique de) :		
1° Travail à chaud.	Odeur, danger d'incendie. . .	2e
2° Travail à froid.	Idem.	3e
Toiles peintes (Fabrique de).	Odeur.	3e
Toiles vernies (Fabrique de). (Voir *Taffetas et toiles vernies*.)		
Tôles et métaux vernis.	Odeur et danger d'incendie. .	3e
Tonnellerie en grand opérant sur des fûts imprégnés de matières grasses et putrescibles.	Bruit, odeur et fumée. . . .	2e
Torches résineuses (Fabrication de).	Odeur et danger du feu. . .	2e
Tourbe (Carbonisation de la) :		
1° A vases ouverts.	Odeur et fumée.	1re
2° En vases clos.	Odeur.	2e
Tourteaux d'olives (Traitement des) par le sulfure de carbone.	Danger d'incendie.	1re
Tréfileries.	Bruit et fumée.	3e
Triperies annexes des abattoirs.	Odeur et altération des eaux.	1re
Tueries d'animaux. (Voir aussi *Abattoirs publics*.).	Danger des animaux et odeur.	2e

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES.	INCONVÉNIENTS.	CLASSES.
Tuileries avec fours non fumivores.	Fumée.	3e
Urate (Fabrique d'). (Voir *Engrais préparés.*)		
Vacheries dans les villes de plus de 5,000 habitants.	Odeur et écoulement des urines.	3e
Varech. (Voir *Soude de varech.*)		
Vernis gras (Fabrique de).	Odeur et danger d'incendie. .	1re
Vernis à l'esprit-de-vin (Fabrique de).	Idem.	2e
Vernis (Ateliers où l'on applique le) sur les cuirs, feutres, taffetas, toiles, chapeaux. (Voir ces mots.)		
Verreries, cristalleries et manufactures de glaces :		
1° Avec fours non fumivores.	Fumée et danger d'incendie.	2e
2° Avec fours fumivores.	Danger d'incendie.	3e
Viandes (Salaisons des). (Voir *Salaisons.*)		
Visières et feutres vernis (Fabrique de). (Voir *Feutres et visières.*)		
Voiries. (Voir *Boues et immondices.*)		
Wagons et machines (Construction de). (Voir *Machines, etc.*		

Le caractère saillant de cette nomenclature, comparée à celles qui l'ont précédée, c'est qu'elle a eu pour objet de simplifier l'application de la réglementation. En effet, elle a fait rentrer plus de cent industries dans le droit commun en les déclassant, c'est-à-dire en les faisant disparaître du tableau des établissements assujettis à l'autorisation préalable, et, pour celles qui y sont maintenues, elle en a, autant qu'on l'a jugé possible, adouci les conditions en en faisant descendre de classe près de quatre-vingts. Par contre, quelques industries, mais en très-petit nombre, ont dû être introduites dans la nouvelle nomenclature ou relevées de classe. « La mesure aura ainsi l'avantage, dit le Ministre dans son rapport à l'Empereur, de diminuer le nombre de cas dans lesquels les industries ont besoin de recourir à l'autorité, et, dans les circonstances où une autorisation préalable a paru justifiée, de réduire souvent les formalités et les délais. » Mais le nouveau décret, il est facile de le voir, n'a pas, malgré son importance, changé les bases mêmes de la législation : il laisse subsister en son entier, pour les industries maintenues au tableau de classement, le régime établi par le décret du 15 octobre 1810, et par conséquent il ne touche en rien à cette partie capitale de la loi qui concerne les arrêtés d'autorisation.

Pour compléter ces indications générales, il convient d'ajouter que la compétence établie par le décret du 15 octobre 1810 a été, en ce qui concerne les établissements de la première classe, changée par le décret *de décentralisation* du 25 mars 1852, lequel a transporté aux préfets cette partie des attributions du Ministre. Le Ministre de l'intérieur, en annonçant aux préfets ce déplacement d'attributions, dans une circulaire en date du 15 octobre de la même année, a joint quelques instructions techniques qu'il est bon de rappeler :

ANNEXE

CONDITIONS A INSÉRER DANS LES ARRÊTÉS D'AUTORISATION DE CERTAINS ÉTABLISSEMENTS, RANGÉS DANS LA PREMIÈRE CATÉGORIE DES ATELIERS DANGEREUX, INSALUBRES OU INCOMMODES

§ 1er. Fabriques d'acide sulfurique.

« 1° Élever la cheminée de l'usine servant au dégagement du gaz à une hauteur convenable, qui sera déterminée d'après l'examen de la localité ;
« 2° Condenser complétement les vapeurs ou gaz odorants ou nuisibles.

§ 2. Fabriques d'allumettes chimiques.

« 1° N'employer dans la confection des allumettes ni chlorate de potasse, ni aucun autre sel rendant les mélanges explosibles ;
« 2° Broyer à sec et séparément les matières premières dont on fait usage ;
« 3° Ne jamais préparer à la fois au delà d'un litre de matières mélangées de phosphore, lesquelles devront être conservées à la cave, dans un vase plongé dans l'eau ;
« 4° Se livrer à cette fabrication dans un atelier légèrement construit, plafonné et non planchéié, et isolé de toute construction ;
« 5° Recouvrir en plâtre tous les bois apparents dans les pièces où l'on confectionne les allumettes ;
« 6° Déposer les objets fabriqués dans un local séparé, qui ne présente aucun danger sous le rapport du feu ;
« 7° Opérer le transport des allumettes fabriquées dans des boites en métal, tel que fer-blanc, zinc, etc.
« Se conformer, en outre, à toutes les dispositions des règlements existants, et à toutes celles qui pourraient être prescrites ultérieurement sur le fait des fabriques d'allumettes chimiques.
« N. B. L'autorisation devra être limitée à cinq ans.

§ 3. Fabriques d'amorces fulminantes.

« 1° Se conformer à toutes les dispositions prescrites par les ordonnances des 25 juin 1823 et 30 octobre 1836, pour les fabriques de poudre ou matières fulminantes,
« 2° Construire le séchoir et l'atelier de tamisage en matériaux légers, et la poudrière en maçonnerie ; séparer les diverses parties de l'établissement par des talus en terre, de 3 mètres de hauteur ;
« 3° Établir en dehors des talus les fourneaux du séchoir, pour l'élévation de la température duquel il ne sera employé que la vapeur ou l'eau chaude.
« N. B. L'autorisation devra être limitée à cinq ans.

§ 4. Artificiers.

« 1° Établir la poudrière au-dessus du niveau du sol, et la couvrir d'une toiture légère ;
« 2° Ne jamais avoir en dépôt plus de 4 à 5 kilogrammes de poudre à la fois pour les besoins de la fabrication.
« N. B. L'autorisation devra être limitée à cinq ans.

§ 5. Boyauderies.

« 1° Tenir l'atelier dans un grand état de propreté, au moyen de fréquents lavages, soit à l'eau pure, soit à l'eau chlorurée ;

« 2° Ne recevoir que des menus convenablement préparés ou nettoyés ;

« 3° Ne conserver aucun des résidus susceptibles de fermenter de se putréfier ;

« 4° Donner un écoulement rapide aux eaux de lavage.

§ 6. Calcination des os.

« 1° Clore l'établissement de murs ;

« 2° Apporter les os dans l'établissement complétement décharnés, et limiter les approvisionnements aux besoins de la fabrication ;

« 3° Opérer la calcination des os à vases clos, et diriger la fumée de fours dans une cheminée commune, construite en briques et élevée de 10 mètres au-dessus du sol.

§ 7. Ateliers d'équarrissage et de cuisson de débris d'animaux.

« 1° Clore l'établissement de murs et l'entourer d'arbres ;

« 2° Paver les cours intérieures ; daller les caves à abattre les animaux, et y opérer de fréquents lavages ;

« 3° Garnir de dalles cimentées à la chaux hydraulique, jusqu'à 1 mètre de hauteur, le pourtour de l'atelier d'abatage et celui des ateliers de cuisson ;

« 4° Recevoir les matières liquides résultant du travail de l'équarrissage dans des citernes voûtées et closes ; soumettre les chairs et les autres matières animales à une dessiccation suffisante pour qu'elles ne soient plus sujettes à se corrompre ;

« 5° Ne faire dans l'établissement aucune accumulation d'os ou de résidus ;

« 6° Faire la cuisson des chairs à vases clos, dans les vingt-quatre heures de l'abatage ;

« 7° Ne transporter les animaux morts à l'équarrissage que dans des voitures couvertes et munies d'une plaque indiquant leur destination.

§ 8. Dépôts d'engrais, de poudrette, etc.

« 1° Désinfecter les matières fécales dans les fosses d'aisances, et les transporter au moyen de tonneaux hermétiquement fermés ;

« 2° Déposer les matières dans des fosses recouvertes de hangars, et les couvrir de charbon afin d'éviter toute émanation désagréable ;

« 3° Construire les fosses destinées à recevoir les matières fécales en maçonnerie, et les cimenter de façon à empêcher le liquide de filtrer à travers les terres et d'infecter les puits ou citernes ;

« 4° Déposer sous les hangars, et à l'abri de l'humidité, les matières converties en engrais.

§ 9. Fonderies de suif.

« 1° Recouvrir la chaudière dans laquelle la graisse est mise en fusion, d'une hotte en planches parfaitement jointes ;

« 2° Mettre cette hotte en communication avec la cheminée de tirage, et luter les joints de manière à forcer les vapeurs de se rendre dans le tuyau d'appel.

§ 10. Gaz d'éclairage.

« Se reporter aux conditions prescrites par l'ordonnance du 27 janvier 1846, portant règlement sur les usines et les établissements d'éclairage par le gaz.

« N. B. L'extension que prennent la plupart de ces usines exige *qu'elles soient éloignées le plus possible des habitations, et même qu'elles soient établies hors des villes.*

§ 11. Fabrique de toiles cirées, de cuirs vernis, de vernis.

« 1° Faire construire l'étuve en matériaux incombustibles ;

« 2° Construire en plâtre et moellons le local où l'on fait cuire les huiles, et surmonter les chaudières d'une hotte avec un tuyau pour le dégagement des vapeurs.

§ 12. Triperies.

« N'amener dans la triperie que des matières fraîches, parfaitement lavées et prêtes à être soumises à la cuisson.. »

Il suit de l'ensemble de ces dispositions que chaque établissement rentrant dans la catégorie prévue est régi par un arrêté spécial, pris à son sujet, par le préfet ou sous-préfet, selon le cas, arrêté qui forme en quelque sorte la charte de cet établissement. De tels arrêtés varient nécessairement, pour la même nature d'industrie, non-seulement d'un département à l'autre, mais encore suivant les circonstances particulières de l'établissement, à l'appréciation de l'autorité. On peut donc dire, en principe, qu'il y a autant de règlements d'établissements qu'il y a d'établissements.

Nous compléterons les documents qui précèdent par quelques documents relatifs à la ville de Paris, documents qui renferment des prescriptions intéressantes, susceptibles d'être généralisées :

INSTRUCTION CONCERNANT LES MOYENS D'ASSURER LA SALUBRITÉ DES HABITATIONS

Du 20 novembre 1848.

Causes de l'insalubrité des habitations. — La salubrité d'une habitation dépend, en grande partie, de la pureté de l'air qu'on y respire. Tout ce qui vicie l'air doit donc exercer une influence fâcheuse sur la santé des habitants.

L'air des habitations est principalement vicié par les causes suivantes :

Le séjour de l'homme et des animaux, la combustion des différentes matières employées au chauffage et à l'éclairage, les fuites de gaz, la stagnation et la décomposition des urines, des eaux ménagères, des immondices de toutes sortes, etc.

Effets de l'air vicié. — Les effets produits par l'altération de l'air des habitations sont toujours graves. Tantôt ils consistent en accidents subits, qui, comme l'*asphyxie*, peuvent mettre rapidement la vie en danger; tantôt ils se manifestent par des maladies aiguës, meurtrières ; tantôt enfin, se développant avec lenteur, et par cela même excitant moins de défiance, ils ne deviennent apparents qu'après avoir jeté de profondes racines et miné sourdement la constitution. — L'étiolement, et surtout les maladies scrofuleuses, appartiennent à ce dernier ordre d'effets. Enfin, c'est dans les habitations dont l'air est insalubre que naissent et sévissent avec plus d'intensité certaines épidémies dont les ravages s'étendent ensuite sur des cités entières.

Notons ici que l'insalubrité peut exister aussi bien dans certaines parties des habitations les plus brillantes que dans les plus humbles demeures, et que, d'un autre côté, les plus humbles demeures peuvent offrir les meilleures conditions de salubrité.

Caractère que doit présenter l'air des habitations. — L'air des habitations doit être exempt de mauvaise odeur, aussi bien que celui des cours et des rues voisines ; il ne faut pas oublier, d'ailleurs, que le facile renouvellement de l'air est la condition essentielle de salubrité.

Moyens d'opérer la salubrité des habitations. — Ces résultats ne peuvent être obtenus que de la manière suivante :

Balayage. — Il faut balayer fréquemment, non-seulement les pièces habitées, mais encore les escaliers, corridors, cours et passages, en ayant soin de gratter les dépôts de terre et immondices qui résistent à l'action du balai.

Lavage du sol. — Les parties carrelées, dallées ou pavées doivent être, en outre, lavées d'autant plus souvent, que l'écoulement des eaux et l'accès de l'air extérieur seront plus faciles ; les planchers et les escaliers en bois doivent être essuyés après le lavage. Le lavage, lorsqu'il entraîne à sa suite un état permanent d'humidité, est plus nuisible qu'avantageux.

Le plus ordinairement l'eau suffit pour ces lavages, mais, dans les circonstances d'infection et de malpropreté invétérées, il faut ajouter à l'eau environ 1 pour 100 de son volume d'eau de Javelle.

Peinture et lavage des murs. — Quand les chambres d'habitation sont peintes à l'huile, on doit les laver de temps à autre, afin d'enlever la couche de matière organique qui s'y dépose et s'y accumule à la longue.

La peinture à l'huile des façades des maisons, des murs des allées, des cours, des escaliers, des corridors, des paliers, et même des chambres, est très-favorable à la salubrité. Cette peinture, qui s'oppose à la pénétration des murs par les matières organiques, assure en même temps leur durée, elle permet, en outre, les lavages dont il est parlé dans le paragraphe qui précède.

Grattage. — Dans le cas de peinture à la chaux, il convient d'en opérer tous les ans le grattage, et d'appliquer une nouvelle couche de peinture.

Papier de tenture. — Pour ce qui est des chambres ornées de papier de tenture, il est convenable, quand on les répare, d'arracher complétement le papier ancien, de gratter et reboucher les murs avant d'appliquer le papier nouveau.

Chambre à coucher dans les maisons particulières. — Il est important que le nombre de lits placés dans les chambres à coucher soit proportionné à la dimension de ces chambres, de telle sorte qu'il y ait au moins 14 mètres cubes par personne, indépendamment des moyens de ventilation.

Aération. — Les cheminées concourent aussi efficacement que les fenêtres au renouvellement de l'air des habitations. Elles sont même indispensables dans les maisons simples en profondeur, et qui n'ont d'ouverture que d'un seul côté. Les chambres où l'on couche devraient toujours en être pourvues, et il faut, pendant la saison chaude, s'abstenir de les boucher, surtout la nuit.

L'ouverture des fenêtres après le lever, les lits étant découverts, et pendant le balayage, est une bonne mesure de salubrité.

Produits gazeux de la combustion. — Les combustibles destinés à la cuisson des aliments ou au chauffage doivent être brûlés dans des appareils communiquant librement avec l'air extérieur, tels que cheminées, poêles, fourneaux munis d'une hotte, etc. Cette recommandation est surtout faite en vue de combustibles qui, tels que le coke et la braise, ne donnant pas de fumée, sont considérés à tort par beaucoup de personnes comme pouvant être impunément brûlés à découvert dans une chambre habitée. Ce préjugé a été la cause de graves accidents, souvent suivis de mort; il en est de même de la pratique toujours dangereuse de fermer complétement la clef d'un poêle ou la trappe intérieure d'une cheminée contenant de la braise enflammée, dans le but de conserver la chaleur dans la pièce. On ne doit pas oublier, en effet, que la braise, pendant tout le temps qu'elle brûle, fournit une grande quantité de gaz asphyxiant.

Eaux ménagères. — Il est très-important de ne pas laisser accumuler les eaux ménagères dans l'intérieur des habitations, particulièrement pendant la saison chaude.

Les cuvettes destinées à l'écoulement de ces eaux doivent être garnies de hausses, ou disposées de telle sorte que les eaux projetées à l'intérieur ne puissent jaillir au dehors.

Il faut bien se garder de refouler à travers la grille qui se trouve au fond des cuvettes les fragments solides dont l'accumulation ne tarderait pas à produire l'engorgement des tuyaux.

Quand les tuyaux sont extérieurs, il convient de s'abstenir, pendant les gelées, d'y verser les eaux ménagères; l'engorgement et, quelquefois même, la rupture de ces tuyaux pourraient en être la conséquence.

Enfin, lorsque l'orifice de l'un de ces tuyaux aboutit à une pierre d'évier placée dans une chambre ou dans une cuisine, on doit le tenir soigneusement fermé par un tampon ou par un siphon.

Il y a toujours avantage à diriger les eaux pluviales dans les tuyaux de descente, de manière à les laver.

Dans tous les cas, lorsqu'ils exhalent une mauvaise odeur, on doit les désinfecter avec de l'eau contenant au moins 1 pour 100 d'eau de Javelle.

Une des pratiques les plus fâcheuses dans les usages domestiques, c'est celle de vider les urines dans les plombs d'écoulement des eaux ménagères. Il serait à désirer que cette habitude cessât partout où elle existe.

Ruisseaux. — Les ruisseaux des cours et passages qui reçoivent les eaux ménagères et les conduits à eaux de la rue doivent être exécutés en pavés, pierre ou fonte, suivant les dispositions locales. Les joints doivent être faits avec soin et les pentes régulières, de manière à permettre des lavages faciles et à empêcher toute stagnation d'eau.

Cabinets d'aisances. — La ventilation des cabinets d'aisances est d'une importance majeure. Quand ils sont étroits et mal aérés, l'odeur qui s'en exhale, surtout à certaines époques de l'année, peut donner lieu aux accidents les plus fâcheux. Il est toujours possible de prévenir ces accidents et de ventiler complétement ces cabinets par des ouvertures ou par un tuyau d'évent convenablement disposés.

ORDONNANCE DE POLICE CONCERNANT LES INCENDIES

Du 11 décembre 1852.

Nous, préfet de police,

Vu les règlements et ordonnance du 26 janvier 1672, 11 avril 1698, 28 avril 1719, 20 janvier 1727, 10 février 1735, 15 novembre 1781 et 24 novembre 1843, concernant les diverses mesures et précautions à prendre pour prévenir ou arrêter les incendies.

La loi du 24 août 1790; les lois des 19-22 juillet 1791; les arrêtés du gouvernement des 12 messidor an VIII (1er juillet 1800) et 3 brumaire an IX (25 octobre 1800), 6 juillet 1801.

Considérant qu'il importe de rappeler aux habitants de Paris les obligations qui leur sont imposées par les règlements, soit pour prévenir les incendies, soit pour concourir à les éteindre, et d'apporter à ces règlements les modifications dont l'expérience a fait reconnaître l'utilité;

TITRE PREMIER

CONSTRUCTION DES CHEMINÉES, POÊLES, FOURNEAUX ET CALORIFÈRES

ART. 1er. Toutes les cheminées, tous les poêles et autres appareils de chauffage doivent être établis et disposés de manière à éviter les dangers du feu et à pouvoir être facilement nettoyés et ramonés.

ART. 2. Il est interdit d'adosser les foyers de cheminées, des poêles et des fourneaux à des cloisons dans lesquelles il entrerait du bois, à moins de laisser, entre le parement extérieur du mur entourant ces foyers et les cloisons, un espace de 16 centimètres.

ART. 3. Les foyers de cheminées ne doivent être posés que sur des voûtes en maçonnerie ou sur des trémies en matériaux incombustibles.

La longueur des trémies sera au moins égale à la largeur des cheminées, y compris la moitié de l'épaisseur des jambages.

Leur largeur sera de 1 mètre au moins, à partir du fond du foyer jusqu'au chevêtre.

ART. 4. Il est interdit de poser les bois des combles et des planchers à moins de 16 centimètres de toute face intérieure des tuyaux de cheminées et autres foyers.

Art. 5. Les languettes des tuyaux en plâtre doivent être pigeonnées à la main et avoir au moins 8 centimètres d'épaisseur.

Art. 6. Chaque foyer de cheminée ou de poêle doit, à moins d'autorisation spéciale, avoir son tuyau particulier dans toute la hauteur du bâtiment.

Art. 7. Les tuyaux de cheminée qui n'auraient pas au moins 60 centimètres de largeur sur 25 de profondeur, seront construits en brique, en terre cuite ou en fonte. Ils ne pourront être que de forme cylindrique ou à angles arrondis sur un rayon de 6 centimètres au moins.

Ces tuyaux ne pourront dévier de la verticale de manière à former avec elle un angle de 30° (un tiers de l'angle droit).

L'accès de ces tuyaux, à leur partie supérieure, devra être facile.

Art. 8. Les mitres en plâtre sont interdites au-dessus des tuyaux de cheminées.

Art. 9. Les fourneaux potagers doivent être disposés de telle sorte que les cendres qui en proviennent soient retenues par des cendriers fixes construits en matériaux incombustibles et ne puissent tomber sur les planchers.

Art. 10. Les poêles de construction reposeront sur une aire en matériaux incombustibles d'au moins 8 centimètres d'épaisseur, s'étendant de 30 centimètres en avant de l'ouverture du foyer.

Cette aire sera séparée du cendrier intérieur par un vide d'au moins 8 centimètres, permettant la circulation de l'air.

Les poêles mobiles devront reposer sur une plate-forme en matériaux incombustibles d'au moins 20 centimètres de saillie en avant de l'ouverture du foyer.

Art. 11. Les tuyaux de poêles et tous autres tuyaux conducteurs de fumée, en métal, devront toujours être isolés, dans toute leur hauteur, d'au moins 16 centimètres des cloisons dans lesquelles il entrerait du bois.

Lorsqu'un tuyau traversera une de ces cloisons, le diamètre de l'ouverture faite dans la cloison devra excéder de 16 centimètres celui du tuyau.

Ce tuyau sera maintenu au passage par une tôle, dans laquelle il sera percé une ouverture égale au diamètre extérieur dudit tuyau.

Art. 12. Aucun tuyau conducteur de fumée, en métal, ne pourra traverser un plancher ou un pan de bois, à moins d'être entouré au passage par un manchon en métal ou en terre cuite.

Le diamètre de ce manchon excédera de 10 centimètres celui du tuyau, de manière qu'il y ait partout entre le manchon et le tuyau un intervalle de 5 centimètres.

Art. 13. Les prescriptions des articles 2, 3, 4, 10, 11 et 12, relatives aux tuyaux de cheminée et aux tuyaux conducteurs de fumée, en métal, seront applicables aux tuyaux de chaleur des calorifères à air chaud.

Toutefois, sont exceptés les tuyaux de chaleur qui prennent l'air à la partie supérieure de la chambre dans laquelle est placé l'appareil de chauffage.

Art. 14. Il nous sera donné avis des vices de construction des cheminées, poêles, fourneaux et calorifères qui pourraient occasionner un incendie.

TITRE II

ENTRETIEN ET RAMONAGE DES CHEMINÉES

Art. 15. Les propriétaires sont tenus d'entretenir constamment les cheminées en bon état.

Art. 16. Il est enjoint aux propriétaires et locataires de faire ramoner les cheminées et tous tuyaux conducteurs de fumée, assez fréquemment pour prévenir les dangers du feu.

Les cheminées dans les fondoirs de suif aux abattoirs, seront ramonées tous les quinze jours.

Il est défendu de faire usage du feu pour nettoyer les cheminées et les tuyaux de poêle.

Les cheminées qui ne présenteraient pas à l'intérieur et dans toute la longueur du tuyau un passage d'au moins 60 centimètres sur 25 seront construites en brique, en terre cuite ou en fonte. Ces cheminées ne devront être ramonées qu'à l'aide d'écouvillons mus par une corde.

TITRE III

DES COUVERTURES EN CHAUME ET EN JONC

Art. 17. Aucune couverture en chaume ou en jonc ne pourra être conservée ou établie sans notre autorisation.

TITRE IV

DES FOURS, FORGES, USINES ET ATELIERS

Art. 18. Les fours, forges et usines à feu non compris dans la nomenclature des établissements classés, lesquels sont soumis à des règlements spéciaux, ne pourront être établis dans l'intérieur de Paris sans notre permission. Le sol, le plafond et les parois des locaux où ils sont construits ne pourront être en bois.

Art. 19. Il est défendu de déposer du bois ou autre matière combustible à découvert dans aucune partie des fournils.

Le bois destiné à la consommation de chaque jour, dans les établissements de boulangerie et de pâtisserie, pourra, après sa dessiccation, rester dans les fournils; mais il devra être renfermé dans une construction spéciale en matériaux incombustibles, fermant hermétiquement par une porte en fer.

Les arcades situées sous les fours pourront être affectées à cette destination, en les fermant également par une porte en fer à demeure. Le bois de provision des boulangers et pâtissiers devra toujours être déposé hors du fournil, dans un lieu où il ne puisse présenter aucun danger.

Les soupentes, resserres, planchers et supports à pannetons, et toutes constructions établies dans les fournils, seront en matériaux incombustibles.

Les étouffoirs et coffres à braise doivent être aussi en matériaux incombustibles. Cette disposition s'applique également aux escaliers communiquant aux fournils; ces escaliers devront d'ailleurs être d'un accès facile.

Les pétrins et couches à pain seront revêtus extérieurement de tôle, quand ils se trouveront placés à moins de 2 mètres de la bouche du four.

Les glissoires de farine en bois, avec fourreau en toile, seront, dans ce cas, construites en zinc avec fourreau en peau.

Art. 20. Les charrons, menuisiers, carrossiers et autres ouvriers qui s'occuperaient en même temps de travailler le bois et le fer sont tenus, s'ils exercent les deux professions dans la même maison, d'y avoir deux ateliers entièrement séparés par un mur, à moins qu'entre la forge et l'endroit où l'on travaille et où l'on dépose le bois il n'y ait une distance de 10 mètres au moins.

Il leur est défendu de déposer dans l'atelier de la forge aucun bois, recoupes ni pièces de charronnage, menuiserie ou autres ; sont exceptés cependant les ouvrages finis et qu'on serait occupé à ferrer ; mais ces ouvrages seront mis, à la fin de chaque journée, dans un endroit séparé de la forge, en sorte qu'il ne reste dans l'atelier aucunes matières combustibles pendant la nuit.

Art. 21. Dans les ateliers de menuiserie ou d'ébénisterie et de peinture en décors, les forges ou les fourneanx dits sorbonnes, destinés à chauffer les colles, ne seront établis que sous des huttes en matériaux incombustibles.

L'âtre sera entouré d'un mur en brique de 25 centimètres de hauteur au-dessus du foyer, et ce foyer sera disposé de manière à être clos pendant l'absence des ouvriers par une fermeture en tôle.

Dans ces mêmes ateliers, on ne pourra faire usage des chandeliers en bois, et les copeaux seront enlevés chaque soir et renfermés dans un local isolé, autant que possible desdits ateliers.

TITRE V

ENTREPOTS, MAGASINS ET DÉPOTS DE MATIÈRES COMBUSTIBLES, INFLAMMABLES, DÉTONANTES ET FULMINANTES; THÉATRES ET SALLES DE SPECTACLE

Art. 22. Aucuns magasins et entrepôts de charbon de terre, houille, tourbes et autres combustibles ne pourront être formés dans Paris sans notre autorisation.

Art. 23. Il est défendu d'entrer dans les écuries avec de la lumière non renfermée dans une lanterne.

Art. 24. Il est interdit d'entrer avec de la lumière dans les établissements, magasins, caves et autres lieux renfermant des dépôts d'essences ou de spiritueux, et en général de toutes matières inflammables ou fulminantes, à moins que cette lumière ne soit renfermée dans une lanterne de sûreté, dite *lampe Davy*.

Les caves et magasins renfermant des essences et des spiritueux devront être disposés conformément aux règlements, et être ventilés au moyen d'une ouverture de 3 à 4 centimètres, ménagée au-dessus et dans toute la largeur de la porte d'entrée, et d'une autre ouverture opposée à la première. Cette seconde ouverture sera pratiquée dans la partie supérieure de la cave ou du magasin.

Art. 25. Il est défendu de rechercher les fuites de gaz avec du feu ou de la lumière.

Art. 26. La vente des pièces d'artifice, le tir des armes à feu et des feux d'artifice, la conservation, le transport et la vente de capsules et des allumettes fulminantes, auront lieu conformément aux règlements spéciaux relatifs à ces matières.

Les directeurs des théâtres et des salles de spectacle, les propriétaires des chantiers et entrepôts de bois de chauffage, des magasins de charbons et de fourrages, se conformeront aux dispositions prescrites pour prévenir les incendies, par les règlements spéciaux qui régissent ces établissements.

TITRE VI

HALLES, MARCHÉS, ABATTOIRS, ETC.

Art. 27. Il est défendu d'allumer des feux dans les halles et marchés et d'y apporter aucuns chaudrons à feu, réchauds ou fourneaux.

Il n'y sera admis que des pots à feu d'une petite dimension, et couverts d'un grillage métallique.

Il est défendu de laisser ces pots dans les halles et marchés après leur clôture, quand même le feu serait éteint.

Il est également défendu de se servir de lumière dans les halles et marchés et dans les magasins en dépendant, dans les fournils ainsi que dans les bouveries, porcheries, écuries, caves, séchoirs et fondoirs des abattoirs généraux, à moins qu'elles ne soient renfermées dans des lanternes closes et à réseau métallique.

Dans les abattoirs et autres établissements où il existe des greniers à fourrage, l'entrée de ces locaux est absolument interdite avant le lever et après le coucher du soleil, et il ne sera admis dans lesdits établissements aucune voiture de bois, de fourrage ou autres matières combustibles si son chargement ne peut être opéré avant la nuit.

Art. 28. Il est défendu de faire du feu sur les ports, quais et berges sans autorisation.

Les personnes autorisées à s'introduire la nuit dans les ports ne peuvent y entrer avec de la lumière qu'autant qu'elle serait renfermée dans une lanterne.

Art. 29. Il est expressément défendu de brûler de la paille sur aucune partie de la voie publique, dans l'intérieur des abattoirs, dans les cours, jardins et terrains particuliers, et d'y mettre en feu aucun amas de matières combustibles.

Art. 30. Il est interdit de fumer dans les salles de spectacle, sous les abris des halles, dans les marchés, les bouveries, porcheries, fondoirs et séchoirs des abattoirs, et en général dans l'intérieur de tous les monuments et édifices publics placés sous notre surveillance.

Il est également défendu de fumer dans les écuries, dans les magasins et autres endroits renfermant des essences, des spiritueux, ainsi que des matières combustibles, inflammables ou fulminantes.

TITRE VII

EXTINCTION DES INCENDIES

Art. 31. Aussitôt qu'un feu de cheminée ou un incendie se manifestera, il en sera donné avis au plus prochain poste des sapeurs-pompiers et au commissaire de police de la section.

Art. 32. Il est enjoint à toutes personnes chez qui le feu se manifesterait d'ouvrir les portes de son domicile à la première réquisition des sapeurs-pompiers et autres agents de l'autorité.

Art. 33. Les propriétaires ou locataires des lieux voisins du point incendié seront obligés de livrer au besoin passage aux sapeurs-pompiers et autres agents de l'autorité appelés à porter des secours.

Art. 34. Les habitants de la rue où se manifestera l'incendie, et ceux des rues adjacentes, tiendront les portes de leurs maisons ouvertes et laisseront puiser de l'eau à leurs puits et pompes pour le service de l'incendie.

Art. 35. En cas de refus de la part des propriétaires et locataires de déférer aux prescriptions des trois articles précédents, les portes seront ouvertes à la diligence du commissaire de police, et, à son défaut, de tout commandant de détachement de sapeurs-pompiers.

Art. 36. Il est enjoint aux propriétaires et principaux locataires des maisons où il y a des puits de les garnir de cordes, poulies et seaux, et d'entretenir les puits en bon état, ainsi que les pompes et autres machines hydrauliques qui y seraient établies.

Art. 37. Les propriétaires, gardiens ou détenteurs de seaux, pompes, échelles, etc., qui se trouveront, soit dans les édifices publics, soit chez les particuliers, seront tenus de déférer aux demandes du commandant des sapeurs-pompiers et des commissaires de police qui les requerront de mettre ces objets à leur disposition.

Art. 38. Les porteurs d'eau à tonneaux rempliront leurs tonneaux chaque soir avant de les remiser, et les tiendront pleins toute la nuit.

Au premier avis d'un incendie, ils y conduiront leurs tonneaux pleins d'eau.

Art. 39. Les gardiens des pompes et réservoirs publics seront tenus de fournir l'eau nécessaire pour l'extinction des incendies.

Art. 40. Toute personne requise pour porter secours en cas d'incendie, et qui s'y serait refusée, sera poursuivie ainsi qu'il est dit à l'art. 475 du Code pénal.

Art. 41. Les maçons, charpentiers, couvreurs, plombiers et autres ouvriers seront tenus, à la première réquisition, de se rendre au lieu de l'incendie avec leurs outils, ou agrès ; faute par eux de déférer à cette réquisition, ils seront poursuivis devant les tribunaux, conformément audit art. 475.

Art. 42. Tous propriétaires de chevaux sont tenus, au besoin, de les fournir pour le

service des incendies, et le prix du travail de ces chevaux sera payé, sur mémoires certifiés par le commissaire de police ou par le commandant des sapeurs-pompiers.

Art. 43. Il est enjoint aux marchands épiciers, ciriers, chandeliers, voisins de l'incendie, de fournir, sur les réquisitions des commissaires de police ou du commandant des sapeurs-pompiers, les flambeaux et terrines nécessaires pour les travailleurs.

Le prix des fournitures faites sera payé sur les mémoires certifiés, ainsi qu'il est dit en l'article précédent.

Art. 44. L'ordonnance de police du 24 novembre 1843, concernant les incendies, est rapportée; sont également rapportées les dispositions des anciens règlements ci-dessus visés qui seraient contraires aux prescriptions de la présente ordonnance.

Art. 45. Les contraventions à la présente ordonnance seront constatées par des procès-verbaux qui nous seront transmis pour être déférés, s'il y a lieu, aux tribunaux compétents.

Il sera pris en outre, suivant les circonstances, telles mesures d'urgence qu'exigera la sûreté publique.

CHAUDIÈRES A VAPEUR

Les chaudières à vapeur ne sont plus classées parmi les établissements insalubres; elles sont soumises à une législation spéciale, qui se réduit au décret du 25 janvier 1865.

On n'a plus besoin de solliciter l'autorisation administrative pour établir une chaudière à vapeur; il suffit de faire une simple déclaration au préfet du département où se trouve le lieu d'établissement.

Voici du reste les articles de la loi du 25 janvier 1865 qu'il est utile de reproduire ici:

Art. 10. Les chaudières à vapeur destinées à être employées à demeure ne peuvent être établies qu'après une déclaration au préfet du département. Cette déclaration est enregistrée à sa date, il en est donné acte.

Art. 11. La déclaration fait connaître :

1° Le nom et le domicile du vendeur des chaudières ou leur origine;

2° La commune et le lieu précis où elles sont établies;

3° Leur forme, leur capacité et leur surface de chauffage;

4° Le numéro du timbre exprimant en kilogrammes par centimètre carré la pression effective maximum sous laquelle elles doivent fonctionner;

5° Enfin le genre d'industrie et l'usage auxquels elles sont destinées.

Art. 12. Les chaudières sont distinguées en trois catégories.

Art. 13. Cette classification est basée sur la capacité de la chaudière et sur la tension de la vapeur.

On exprime en mètres cubes la capacité de la chaudière avec ses tubes bouilleurs ou réchauffeurs, mais sans y comprendre les surchauffeurs de vapeur; on multiplie ce nombre par le numéro du timbre augmenté d'une unité. Les chaudières sont de la première catégorie quand le produit est plus grand que 15; dans la deuxième, si ce même produit surpasse 5 et n'excède pas 15; dans la troisième, s'il n'excède pas 5.

Si plusieurs chaudières doivent fonctionner ensemble dans un même emplacement et si elles ont entre elles une communication quelconque, directe ou indirecte, on prend pour ormer le produit comme il vient d'être dit, la somme des capacités de ces chaudières.

Les chaudières comprises dans la première catégorie doivent être établies en dehors de toute maison et de tout atelier surmonté d'étages.

N'est point considéré comme un étage au-dessus de l'emplacement d'une chaudière une construction légère, dans laquelle les matières ne sont l'objet d'aucune élaboration nécessitant la présence d'employés ou ouvriers travaillant à poste fixe.

Dans ce cas, le local ainsi utilisé est séparé des ateliers contigus par un mur ne présentant que les passages nécessaires pour le service.

Art. 14. Il est interdit de placer une chaudière de première catégorie à moins de 3 mètres de distance du mur d'une maison d'habitation appartenant à des tiers.

Si la distance de la chaudière à la maison est plus grande que 3 mètres, et moindre que 10 mètres, la chaudière doit être généralement installée de façon que son axe longitudinal prolongé ne rencontre pas le mur de ladite maison, ou que, s'il le rencontre, l'angle compris entre cet axe et le plan du mur soit inférieur au sixième d'un angle droit.

Dans le cas où la chaudière n'est pas installée dans les conditions ci-dessus, la maison doit être garantie par un mur de défense.

Ce mur, en bonne et solide maçonnerie, a 1 mètre au moins d'épaisseur en couronne. Il est distinct du parement du fourneau de la chaudière et du mur de la maison voisine, et est séparé de chacun d'eux par un intervalle libre de 0m,30 de largeur au moins.

Sa hauteur dépasse de 1 mètre la partie la plus élevée du corps de la chaudière, quand il est à une distance de celle-ci comprise entre 0m,30 et 3 mètres. Si la distance est plus grande que 3 mètres, l'excédant de hauteur est augmenté en proportion de la distance, sans toutefois excéder 2 mètres.

Enfin, la situation et la longueur du mur sont combinées de manière à couvrir la maison voisine dans toutes les parties qui se trouvent à la fois au-dessous de la crête dudit mur, d'après la hauteur fixée ci-dessus et à une distance moindre que 10 mètres d'un point quelconque de la chaudière.

L'établissement d'une chaudière de première catégorie, à la distance de 10 mètres, ou plus, des maisons d'habitation, n'est assujetti à aucune condition particulière.

Les distances de 3 mètres et de 10 mètres fixées ci-dessus sont réduites respectivement à 1m,50 et 5 mètres, lorsque la chaudière est enterrée de façon que la partie supérieure de ladite chaudière se trouve à 1 mètre au moins en contre-bas du sol, du côté de la maison voisine.

Art. 15. Les chaudières comprises dans la deuxième catégorie peuvent être placées dans l'intérieur de tout atelier, pourvu que l'atelier ne fasse pas partie d'une maison habitée par des personnes autres que le manufacturier, sa famille et ses employés, ouvriers et serviteurs.

Art. 16. Les chaudières de troisième catégorie peuvent être établies dans un atelier quelconque, même lorsqu'il fait partie d'une maison habitée par des tiers.

Art. 17. Les fourneaux des chaudières comprises dans la deuxième et troisième catégorie sont entièrement séparés des maisons d'habitation appartenant à des tiers ; l'espace vide est de 1 mètre pour les chaudières de la deuxième catégorie, et de 0m,50 pour les chaudières de la troisième.

Art. 18. Les conditions d'emplacement établies par les articles 14 et 17 ci-dessus, cessent d'être obligatoires lorsque les tiers intéressés renoncent à s'en prévaloir.

Art. 19. Le foyer des chaudières de toute catégorie doit brûler sa fumée.

Un délai de six mois est accordé pour l'exécution de la disposition qui précède aux propriétaires de chaudières auxquels l'obligation de brûler leur fumée n'a point été imposée par l'acte d'autorisation.

Art. 20. Si, postérieurement à l'établissement d'une chaudière, un terrain contigu vient à être affecté à la construction d'une maison d'habitation, le propriétaire de ladite maison a le droit d'exiger l'exécution des mesures prescrites par les articles 14 et 17 ci-dessus, comme si la maison eût été construite avant l'établissement de la chaudière.

Art. 21. Aucune locomobile ne peut être employée sur une propriété particulière à moins de 5 mètres de tout bâtiment d'habitation et de tout amas découvert de matières inflammables appartenant à des tiers, sans le consentement formel de ceux-ci.

Le fonctionnement des locomobiles sur la voie publique est régi par des règlements de police locaux.

Art. 33. Les attributions conférées aux préfets des départements par le présent décret sont exercées par le préfet de police dans toute l'étendue de son ressort.

EXPROPRIATION POUR CAUSE D'UTILITÉ PUBLIQUE

Lorsque l'administration a besoin d'un terrain ou d'une habitation pour exécution d'un travail d'utilité publique, elle s'efforce de traiter à l'amiable avec les propriétaires en leur accordant l'indemnité qui leur est légitimement due.

Mais, il arrive souvent qu'on se heurte à un propriétaire récalcitrant ou qu'un immeuble appartient à un mineur, à une femme mariée sous le régime dotal, ce qui soulève pour la vente de grosses difficultés et une longue procédure.

Il faut cependant que l'intérêt particulier s'efface devant l'intérêt général, et que l'administration ait la possibilité, moyennant une juste et préalable indemnité, d'entrer en possession des terrains qui lui sont nécéssaires.

Les droits des propriétaires sont formellement sauvegardés, ainsi que le veut l'article 545 du Code civil.

C'est, aujourd'hui, la loi du 3 mai 1841 qui règle la matière.

LOI SUR L'EXPROPRIATION D'UTILITÉ PUBLIQUE

3 mai 1841.

Louis-Philippe, etc.

TITRE PREMIER

DISPOSITIONS PRÉLIMINAIRES

Art. 1er. L'expropriation pour cause d'utilité publique s'opère par autorité de justice.

Art. 2. Les tribunaux ne peuvent prononcer l'expropriation qu'autant que l'utilité en a été constatée et déclarée dans les formes prescrites par la présente loi.

Ces formes consistent :

1° Dans la loi ou ordonnance royale qui autorise l'exécution des travaux pour lesquels l'expropriation est requise;

2° Dans l'acte du préfet qui désigne les localités ou territoires sur lesquels les travaux doivent avoir lieu, lorsque cette désignation ne résulte pas de la loi ou de l'ordonnance royale;

3° Dans l'arrêté ultérieur par lequel le préfet détermine les propriétés particulières auxquelles l'expropriation est applicable.

Cette application ne peut être faite à aucune propriété particulière qu'après que les parties intéressées ont été mises en état d'y fournir leurs contredits, selon les règles exprimées au titre II.

Art. 3. Tous grands travaux publics, routes royales, canaux, chemins de fer, canalisation des rivières, bassins et docks, entrepris par l'État, les départements, les communes, ou par compagnies particulières, avec ou sans péage, avec ou sans subside du Trésor, avec ou sans aliénation du domaine public, ne pourront être exécutés qu'en vertu d'une loi qui ne sera rendue qu'après une enquête administrative[1].

Une ordonnance royale suffira pour autoriser l'exécution des routes départementales, celle des canaux et chemins de fer d'embranchement de moins de vingt mille mètres de longueur, des ponts et de tous autres travaux de moindre importance.

Cette ordonnance devra également être précédée d'une enquête.

Ces enquêtes auront lieu dans les formes déterminées par un règlement d'administration publique.

TITRE II

DES MESURES D'ADMINISTRATION RELATIVES A L'EXPROPRIATION

Art. 4. Les ingénieurs ou autres gens de l'art chargés de l'exécution des travaux lèvent, pour la partie qui s'étend sur chaque commune, le plan parcellaire des terrains ou des édifices dont la cession leur paraît nécessaire.

Art. 5. Le plan desdites propriétés particulières, indicatif des noms de chaque propriétaire, tels qu'ils sont inscrits sur la matrice des rôles, reste déposé, pendant huit jours, à la mairie de la commune où les propriétés sont situées, afin que chacun puisse en prendre connaissance.

Art. 6. Le délai fixé à l'article précédent ne court qu'à dater de l'avertissement, qui est donné collectivement aux parties intéressées, de prendre communication du plan déposé à la mairie.

Cet avertissement est publié à son de trompe ou de caisse dans la commune et affiché tant à la principale porte de l'église du lieu qu'à celle de la maison commune.

Il est en outre inséré dans l'un des journaux publiés dans l'arrondissement, ou, s'il n'en existe aucun, dans l'un des journaux du département.

Art. 7. Le maire certifie ces publications et affiches; il mentionne sur un procès-verbal qu'il ouvre à cet effet, et que les parties qui comparaissent sont requises de signer, les déclarations et réclamations qui lui ont été faites verbalement, et y annexe celles qui lui sont transmises par écrit.

Art. 8. A l'expiration du délai de huitaine prescrit par l'article 5, une commission se réunit au chef-lieu de la sous-préfecture.

Cette commission, présidée par le sous-préfet de l'arrondissement, sera composée de quatre membres du conseil général du département ou du conseil de l'arrondissement désignés par le préfet, du maire de la commune où les propriétés sont situées, et de l'un des ingénieurs chargés de l'exécution des travaux.

La commission ne peut délibérer valablement qu'autant que cinq de ses membres au moins sont présents.

Dans le cas où le nombre des membres présents serait de six, et où il y aurait partage d'opinions, la voix du président sera prépondérante.

Les propriétaires qu'il s'agit d'exproprier ne peuvent être appelés à faire partie de la commission.

Art. 9. La commission reçoit, pendant huit jours, les observations des propriétaires.

Elle les appelle toutes les fois qu'elle le juge convenable. Elle donne son avis.

Ses opérations doivent être terminées dans le délai de dix jours; après quoi le procès-verbal est adressé immédiatement par le sous-préfet au préfet.

Dans le cas où lesdites opérations n'auraient pas été mises à fin dans le délai ci-dessus,

[1] Disposition abrogée par l'article 4 du sénatus-consulte du 25 décembre 1852.

le sous-préfet devra, dans les trois jours, transmettre au préfet son procès-verbal et les documents recueillis.

Art. 10. Si la commission propose quelque changement au tracé indiqué par les ingénieurs, le sous-préfet devra, dans la forme indiquée par l'article 6, en donner immédiatement avis aux propriétaires que ces changements pourront intéresser. Pendant huitaine, à dater de cet avertissement, le procès-verbal et les pièces resteront déposés à la sous-préfecture; les parties intéressées pourront en prendre communication sans déplacement et sans frais, et fournir leurs observations écrites.

Dans les trois jours suivants, le sous-préfet transmettra toutes les pièces à la préfecture.

Art. 11. Sur le vu du procès-verbal et des documents y annexés, le préfet détermine, par un arrêté motivé, les propriétés qui doivent être cédées, et indique l'époque à laquelle il sera nécessaire d'en prendre possession. Toutefois, dans le cas où il résulterait, de l'avis de la commission, qu'il y aurait lieu de modifier le tracé des travaux ordonnés, le préfet surseoira jusqu'à ce qu'il ait été prononcé par l'administration supérieure.

L'administration supérieure pourra, suivant les circonstances, ou statuer définitivement, ou ordonner qu'il soit procédé de nouveau à tout ou partie des formalités prescrites par les articles précédents.

Art. 12. Les dispositions des articles 8, 9 et 10 ne sont point applicables au cas où l'expropriation serait demandée par une commune, et dans un intérêt purement communal, non plus qu'aux travaux d'ouverture ou de redressement des chemins vicinaux.

Dans ce cas, le procès-verbal prescrit par l'article 7 est transmis, avec l'avis du conseil municipal, par le maire au sous-préfet, qui l'adressera au préfet avec ses observations.

Le préfet, en conseil de préfecture, sur le vu de ce procès-verbal, et sauf l'approbation de l'administration supérieure, prononcera comme il est dit en l'article précédent.

TITRE III

DE L'EXPROPRIATION ET DE SES SUITES, QUANT AUX PRIVILÉGES, HYPOTHÈQUES ET AUTRES DROITS RÉELS

Art. 13. Si des biens de mineurs, d'interdits, d'absents, ou autres incapables sont compris dans les plans déposés en vertu de l'article 5, ou dans les modifications admises par l'administration supérieure, aux termes de l'article 11 de la présente loi, les tuteurs, ceux qui ont été envoyés en possession provisoire, et tous représentants des incapables, peuvent, après autorisation du tribunal donnée sur simple requête[1], en la chambre du conseil, le ministère public entendu, consentir amiablement à l'aliénation desdits biens.

Le tribunal ordonne les mesures de conservation ou de remploi qu'il juge nécessaires.

Ces dispositions sont applicables aux immeubles dotaux et aux majorats.

Les préfets pourront, dans le même cas, aliéner les biens des départements, s'ils y sont autorisés par délibération du conseil général; les maires ou administrateurs pourront aliéner les biens des communes ou établissements publics, s'ils y sont autorisés par délibération du conseil municipal ou du conseil d'administration, approuvée par le préfet en conseil de préfecture.

Le ministre des finances peut consentir à l'aliénation des biens de l'État ou de ceux

[1] Cette requête doit être présentée au tribunal par le ministère d'un avoué. Voir l'instruction du ministre des travaux publics du 17 septembre 1856.

qui font partie de la dotation de la couronne, sur la proposition de l'intendant de la liste civile.

A défaut de conventions amiables, soit avec les propriétaires des terrains ou bâtiments dont la cession est reconnue nécessaire, soit avec ceux qui les représentent, le préfet transmet au procureur du roi dans le ressort duquel les biens sont situés la loi ou l'ordonnance qui autorise l'exécution des travaux, et l'arrêté mentionné en l'article 11.

Art. 14. Dans les trois jours, et sur la production des pièces constatant que les formalités prescrites par l'article 2 du titre Ier, et par le titre II de la présente loi, ont été remplies, le procureur du roi requiert et le tribunal prononce l'expropriation pour cause d'utilité publique des terrains ou bâtiments indiqués dans l'arrêté du préfet.

Si, dans l'année de l'arrêté du préfet, l'administration n'a pas poursuivi l'expropriation, tout propriétaire dont les terrains sont compris audit arrêté peut présenter requête au tribunal. Cette requête sera communiquée par le procureur du roi au préfet, qui devra, dans le plus bref délai, envoyer les pièces, et le tribunal statuera dans les trois jours.

Le même jugement commet un des membres du tribunal pour remplir les fonctions attribuées par le titre IV, chapitre 2, au magistrat directeur du jury chargé de fixer l'indemnité, et désigne un autre membre pour le remplacer au besoin.

En cas d'absence ou d'empêchement de ces deux magistrats, il sera pourvu à leur remplacement par une ordonnance sur requête du président du tribunal civil.

Dans le cas où les propriétaires à exproprier consentiraient à la cession, mais où il n'y aurait point accord sur le prix, le tribunal donnera acte du consentement, et désignera le magistrat directeur du jury, sans qu'il soit besoin de rendre le jugement d'expropriation, ni de s'assurer que les formalités prescrites par le titre II ont été remplies.

Art. 15. Le jugement est publié et affiché, par extrait, dans la commune de la situation des biens, de la manière indiquée en l'article 6. Il est en outre inséré dans l'un des journaux publiés dans l'arrondissement, ou, s'il n'en existe aucun, dans l'un de ceux du département[1].

Cet extrait, contenant les noms des propriétaires, les motifs et le dispositif du jugement, leur est notifié au domicile qu'ils auront élu dans l'arrondissement de la situation des biens, par une déclaration faite à la mairie de la commune où les biens sont situés ; et, dans le cas où cette élection de domicile n'aurait pas eu lieu, la notification de l'extrait sera faite en double copie au maire et au fermier, locataire, gardien ou régisseur de la propriété.

Toutes les autres notifications prescrites par la présente loi seront faites dans la forme ci-dessus indiquée.

Art. 16. Le jugement sera, immédiatement après l'accomplissement des formalités prescrites par l'article 15 de la présente loi, transcrit au bureau de la conservation des hypothèques de l'arrondissement, conformément à l'article 2181 du Code civil.

Art. 17. Dans la quinzaine de la transcription, les priviléges et les hypothèques conventionnelles, judiciaires ou légales, seront inscrits.

A défaut d'inscription dans ce délai, l'immeuble exproprié sera affranchi de tous priviléges et hypothèques, de quelque nature qu'ils soient, sans préjudice des droits des femmes, mineurs et interdits, sur le montant de l'indemnité, tant qu'elle n'a pas été payée ou que l'ordre n'a pas été réglé définitivement entre les créanciers.

Les créanciers inscrits n'auront, dans aucun cas, la faculté de surenchérir, mais ils pourront exiger que l'indemnité soit fixée conformément au titre IV.

Art. 18. Les actions en résolution, en revendication, et toutes autres actions réelles, ne pourront arrêter l'expropriation ni en empêcher l'effet. Le droit des réclamants sera transporté sur le prix, et l'immeuble en demeurera affranchi.

[1] Une circulaire du 26 mars 1853 du ministre des travaux publics invite les préfets à prendre les mesures nécessaires, d'une part, pour que les formalités de publication prescrites par l'article 15 précèdent toujours la transcription au bureau de la conservation des hypothèques; et, d'autre part, pour que les certificats des maires, qui seront produits désormais à l'appui des payements d'indemnités d'expropriation, fassent connaître avec précision la forme et la date de la publication faite par les soins de ces magistrats.

Art. 19. Les règles posées dans le premier paragraphe de l'article 15 et dans les articles 16, 17 et 18, sont applicables dans le cas de conventions amiables passées entre l'administration et les propriétaires.

Cependant l'administration peut, sauf les droits des tiers, et sans accomplir les formalités ci-dessus tracées, payer le prix des acquisitions dont la valeur ne s'élèverait pas au-dessus de 500 francs.

Le défaut d'accomplissement des formalités de la purge des hypothèques n'empêche pas l'expropriation d'avoir son cours; sauf, pour les parties intéressées, à faire valoir leurs droits ultérieurement, dans les formes déterminées par le titre IV de la présente loi.

Art. 20. Le jugement ne pourra être attaqué que par la voie du recours en cassation, et seulement pour incompétence, excès de pouvoir ou vice de forme du jugement.

Le pourvoi aura lieu, au plus tard, dans les trois jours, à dater de la notification du jugement, par déclaration au greffe du tribunal. Il sera notifié dans la huitaine, soit à la partie, au domicile indiqué par l'article 15, soit au préfet ou au maire, suivant la nature des travaux ; le tout à peine de déchéance[1].

Dans la quinzaine de la notification du pourvoi, les pièces seront adressées à la chambre civile de la cour de cassation, qui statuera dans le mois suivant.

L'arrêt, s'il est rendu par défaut, à l'expiration de ce délai, ne sera pas susceptible d'opposition.

TITRE IV

DU RÈGLEMENT DES INDEMNITÉS

CHAPITRE PREMIER

Mesures préparatoires

Art. 21. Dans la huitaine qui suit la notification prescrite par l'article 15, le propriétaire est tenu d'appeler et de faire connaître à l'administration les fermiers, locataires, ceux qui ont des droits d'usufruit, d'habitation ou d'usage, tels qu'ils sont réglés par le Code civil, et ceux qui peuvent réclamer des servitudes résultant des titres mêmes du propriétaire ou d'autres actes dans lesquels il serait intervenu ; sinon il restera seul chargé envers eux des indemnités que ces derniers pourront réclamer.

Les autres intéressés seront en demeure de faire valoir leurs droits par l'avertissement énoncé en l'article 6, et tenus de se faire connaître à l'administration dans le même délai de huitaine, à défaut de quoi ils seront déchus de tous droits à l'indemnité.

Art. 22. Les dispositions de la présente loi relatives aux propriétaires et à leurs créanciers sont applicables à l'usufruitier et à ses créanciers.

Art. 23. L'administration notifie aux propriétaires et à tous autres intéressés qui auront été désignés ou qui seront intervenus dans le délai fixé par l'article 21, les sommes qu'elle offre pour indemnité.

Ces offres sont, en outre, affichées et publiées conformément à l'article 6 de la présente loi.

Art. 24. Dans la quinzaine suivante, les propriétaires et autres intéressés sont tenus de déclarer leur acceptation, ou, s'ils n'acceptent pas les offres qui leur sont faites, d'indiquer le montant de leurs prétentions.

[1] Lorsqu'il s'agit d'un jugement portant refus de prononcer l'expropriation et contre lequel l'administration croit devoir se pourvoir, le pourvoi doit être notifié séparément à chacun des propriétaires intéressés (Instruction du sous-secrétaire d'État des travaux publics du 31 juillet 1846).

Deux circulaires du ministre des travaux publics des 15 février 1842 et 18 janvier 1845 indiquent le mode de transmission des pièces au ministre compétent.

Art. 25. Les femmes mariées sous le régime dotal, assistées de leurs maris, les tuteurs, ceux qui ont été envoyés en possession provisoire des biens d'un absent, et autres personnes qui représentent les incapables, peuvent valablement accepter les offres énoncées en l'article 23, s'ils y sont autorisés dans les formes prescrites par l'article 13.

Art. 26. Le ministre des finances, les préfets, maires ou administrateurs, peuvent accepter les offres d'indemnité pour expropriation des biens appartenant à l'État, à la couronne, aux départements, communes ou établissements publics, dans les formes et avec les autorisations prescrites par l'article 13.

Art. 27. Le délai de quinzaine, fixé par l'article 24, sera d'un mois dans les cas prévus par les articles 25 et 26.

Art. 28. Si les offres de l'administration ne sont pas acceptées dans les délais prescrits par les articles 24 et 27, l'administration citera devant le jury, qui sera convoqué à cet effet, les propriétaires et tous autres intéressés qui auront été désignés ou qui seront intervenus, pour qu'il soit procédé au règlement des indemnités de la manière indiquée au chapitre suivant. La citation contiendra l'énonciation des offres qui auront été refusées.

CHAPITRE II

Du Jury spécial chargé de régler les indemnités

Art. 29. Dans sa session annuelle, le conseil général du département désigne, pour chaque arrondissement de sous-préfecture, tant sur la liste des électeurs que sur la seconde partie de la liste du jury, trente-six personnes au moins, et soixante et douze au plus, qui ont leur domicile réel dans l'arrondissement, parmi lesquelles sont choisis, jusqu'à la session suivante ordinaire du conseil général, les membres du jury spécial appelé, le cas échéant, à régler les indemnités dues par suite d'expropriation pour cause d'utilité publique.

Le nombre des jurés désignés pour le département de la Seine sera de 600 [1].

Art. 30. Toutes les fois qu'il y a lieu de recourir à un jury spécial, la première chambre de la cour royale, dans les départements qui sont le siége d'une cour royale, et, dans les autres départements, la première chambre du tribunal du chef-lieu judiciaire, choisit en la chambre du conseil, sur la liste dressée en vertu de l'article précédent pour l'arrondissement dans lequel ont lieu les expropriations, seize personnes qui formeront le jury spécial chargé de fixer définitivement le montant de l'indemnité, et, en outre, quatre jurés supplémentaires; pendant les vacances, ce choix est déféré à la chambre de la cour ou du tribunal chargé du service des vacations. En cas d'abstention ou de récusation des membres du tribunal, le choix du jury est déféré à la cour royale.

Ne peuvent être choisis,

1° Les propriétaires, fermiers, locataires des terrains et bâtiments désignés en l'arrêté du préfet pris en vertu de l'article 11, et qui restent à acquérir;

2° Les créanciers ayant inscription sur lesdits immeubles;

3° Tous autres intéressés désignés ou intervenants en vertu des articles 21 et 22.

Les septuagénaires seront dispensés, s'ils le requièrent, des fonctions de juré.

Art. 31. La liste des seize jurés et des quatre jurés supplémentaires est transmise par le préfet au sous-préfet, qui, après s'être concerté avec le magistrat directeur du jury, convoque les jurés et les parties, en leur indiquant, au moins huit jours à l'avance, le lieu et le jour de la réunion. La notification aux parties leur fait connaître les noms des jurés.

Art. 32. Tout juré qui, sans motifs légitimes, manque à l'une des séances ou refuse

[1] Le sous-secrétaire d'État des travaux publics a donné le 17 juillet 1833 une instruction relative à la formation du jury.

De nouvelles instructions ont été données à ce sujet, le 24 avril 1856, par le ministre des travaux publics.

de prendre part à la délibération, encourt une amende de 100 fr. au moins et 300 fr. au plus.
L'amende est prononcée par le magistrat directeur du jury.
Il statue en dernier ressort sur l'opposition qui serait formée par le juré condamné.
Il prononce également sur les causes d'empêchement que les jurés proposent, ainsi que sur les exclusions ou incompatibilités dont les causes ne seraient survenues ou n'auraient été connues que postérieurement à la désignation faite en vertu de l'article 30.
Art. 33. Ceux des jurés qui se trouvent rayés de la liste par suite des empêchements, exclusions ou incompatibilités prévus à l'article précédent, sont immédiatement remplacés par les jurés supplémentaires, que le magistrat directeur du jury appelle dans l'ordre de leur inscription.
En cas d'insuffisance, le magistrat directeur du jury choisit, sur la liste dressée en vertu de l'article 29, les personnes nécessaires pour compléter le nombre de seize jurés.
Art. 34. Le magistrat directeur du jury est assisté, auprès du jury spécial, du greffier ou commis-greffier du tribunal, qui appelle successivement les causes sur lesquelles le jury doit statuer, et tient procès-verbal des opérations.
Lors de l'appel, l'administration a le droit d'exercer deux récusations péremptoires; la partie adverse a le même droit.
Dans le cas où plusieurs intéressés figurent dans la même affaire, ils s'entendent pour l'exercice du droit de récusation, sinon le sort désigne ceux qui doivent en user.
Si le droit de récusation n'est point exercé, ou s'il ne l'est que partiellement, le magistrat directeur du jury procède à la réduction des jurés au nombre de douze en retranchant les derniers noms inscrits sur la liste.
Art. 35. Le jury spécial n'est constitué que lorsque les douze jurés sont présents.
Les jurés ne peuvent délibérer valablement qu'au nombre de neuf au moins.
Art. 36. Lorsque le jury est constitué, chaque juré prête serment de remplir ses fonctions avec impartialité.
Art. 37. Le magistrat directeur met sous les yeux du jury :
1° Le tableau des offres et demandes notifiées en exécution des articles 23 et 24;
2° Les plans parcellaires et les titres ou autres documents produits par les parties à l'appui de leurs offres et demandes.
Les parties ou leurs fondés de pouvoir peuvent présenter sommairement leurs observations.
Le jury pourra entendre toutes les personnes qu'il croira pouvoir l'éclairer.
Il pourra également se transporter sur les lieux, ou déléguer à cet effet un ou plusieurs de ses membres.
La discussion est publique; elle peut être continuée à une autre séance.
Art. 38. La clôture de l'instruction est prononcée par le magistrat directeur du jury.
Les jurés se retirent immédiatement dans leur chambre pour délibérer, sans désemparer, sous la présidence de l'un d'eux, qu'ils désignent à l'instant même.
La décision du jury fixe le montant de l'indemnité : elle est prise à la majorité des voix.
En cas de partage, la voix du président du jury est prépondérante.
Art. 39. Le jury prononce des indemnités distinctes en faveur des parties qui les réclament à des titres différents, comme propriétaires, fermiers, locataires, usagers et autres intéressés dont il est parlé à l'article 21.
Dans le cas d'usufruit, une seule indemnité est fixée par le jury, eu égard à la valeur totale de l'immeuble; le nu-propriétaire et l'usufruitier exercent leurs droits sur le montant de l'indemnité au lieu de l'exercer sur la chose.
L'usufruitier sera tenu de donner caution; les père et mère ayant l'usufruit légal des biens de leurs enfants en seront seuls dispensés.
Lorsqu'il y a litige sur le fond du droit ou sur la qualité des réclamants, et toutes les fois qu'il s'élève des difficultés étrangères à la fixation du montant de l'indemnité, le jury règle l'indemnité indépendamment de ces litiges et difficultés, sur lesquels les parties sont renvoyées à se pourvoir devant qui de droit.
L'indemnité allouée par le jury ne peut, en aucun cas, être inférieure aux offres de l'administration, ni supérieure à la demande de la partie intéressée.

Art. 40. Si l'indemnité réglée par le jury ne dépasse pas l'offre de l'administration, les parties qui l'auront refusée seront condamnées aux dépens.

Si l'indemnité est égale à la demande des parties, l'administration sera condamnée aux dépens.

Si l'indemnité est à la fois supérieure à l'offre de l'administration, et inférieure à la demande des parties, les dépens seront composés de manière à être supportés par les parties de l'administration, dans les proportions de leur offre ou de leur demande avec la décision du jury.

Tout indemnitaire qui ne se trouvera pas dans le cas des articles 25 et 26 sera condamné aux dépens, quelle que soit l'estimation ultérieure du jury, s'il a omis de se conformer aux dispositions de l'article 24.

Art. 41. La décision du jury, signée des membres qui y ont concouru, est remise par le président au magistrat directeur, qui la déclare exécutoire, statue sur les dépens, et envoie l'administration en possession de la propriété, à la charge par elle de se conformer aux dispositions des articles 53, 54 et suivants.

Ce magistrat taxe les dépens, dont le tarif est déterminé par un règlement d'administration publique.

La taxe ne comprendra que les actes faits postérieurement à l'offre de l'administration; les frais des actes antérieurs demeurent, dans tous les cas, à la charge de l'administration.

Art. 42. La décision du jury et l'ordonnance du magistrat directeur ne peuvent être attaquées que par la voie du recours en cassation, et seulement pour violation du premier paragraphe de l'article 30, de l'article 31, des deuxième et quatrième paragraphes de l'article 34, et des articles 35, 36, 37, 38, 39 et 40.

Le délai sera de quinze jours pour ce recours, qui sera d'ailleurs formé, notifié et jugé comme il est dit en l'article 20; il courra à partir du jour de la décision.

Art. 43. Lorsqu'une décision du jury aura été cassée, l'affaire sera renvoyée devant un nouveau jury, choisi dans le même arrondissement.

Néanmoins la cour de cassation pourra, suivant les circonstances, renvoyer l'appréciation de l'indemnité à un jury choisi dans un des arrondissements voisins, quand même il appartiendrait à un autre département.

Il sera procédé, à cet effet, conformément à l'article 30.

Art. 44. Le jury ne connaît que des affaires dont il a été saisi au moment de sa convocation, et statue successivement et sans interruption sur chacune de ces affaires. Il ne peut se séparer qu'après avoir réglé toutes les indemnités dont la fixation lui a été ainsi déférée.

Art. 45. Les opérations commencées par un jury, et qui ne sont pas encore terminées au moment du renouvellement annuel de la liste générale mentionnée en l'article 29, sont continuées, jusqu'à conclusion définitive par le même jury.

Art. 46. Après la clôture des opérations du jury, les minutes de ses décisions et les autres pièces qui se rattachent auxdites opérations sont déposées au greffe du tribunal civil de l'arrondissement.

Art. 47. Les noms des jurés qui auront fait le service d'une session ne pourront être portés sur le tableau dressé par le conseil général pour l'année suivante.

CHAPITRE III

Des règles à suivre pour la fixation des indemnités

Art. 48. Le jury est juge de la sincérité des titres et de l'effet des actes qui seraient de nature à modifier l'évaluation de l'indemnité.

Art. 49. Dans le cas où l'administration contesterait au détenteur exproprié le droit à une indemnité, le jury, sans s'arrêter à la contestation, dont il renvoie le jugement devant qui de droit, fixe l'indemnité comme si elle était due, et le magistrat directeur du jury en ordonne la consignation, pour ladite indemnité rester déposée jusqu'à ce que les parties se soient entendues ou que le litige soit vidé.

